

SCIENCE DIMENSION

4/2



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 6 No. 2, 1974

Contents / Sommaire

4	Arming the body's defence system Un vaccin contre la méningite	4
11	Putting commuters up in the air La suspension magnétique	11
16	Canada-France-Hawaii Telescope Le télescope Canada-France-Hawaii	17
20	Trend-setter in hybrid corn production Spécialiste du maïs hybride	21
24	Prototype partnership Une association heureuse	25
28	Pulse Rate Monitor Le pulsomètre cardiaque	29

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Managing Editor Loris Racine **Directeur**

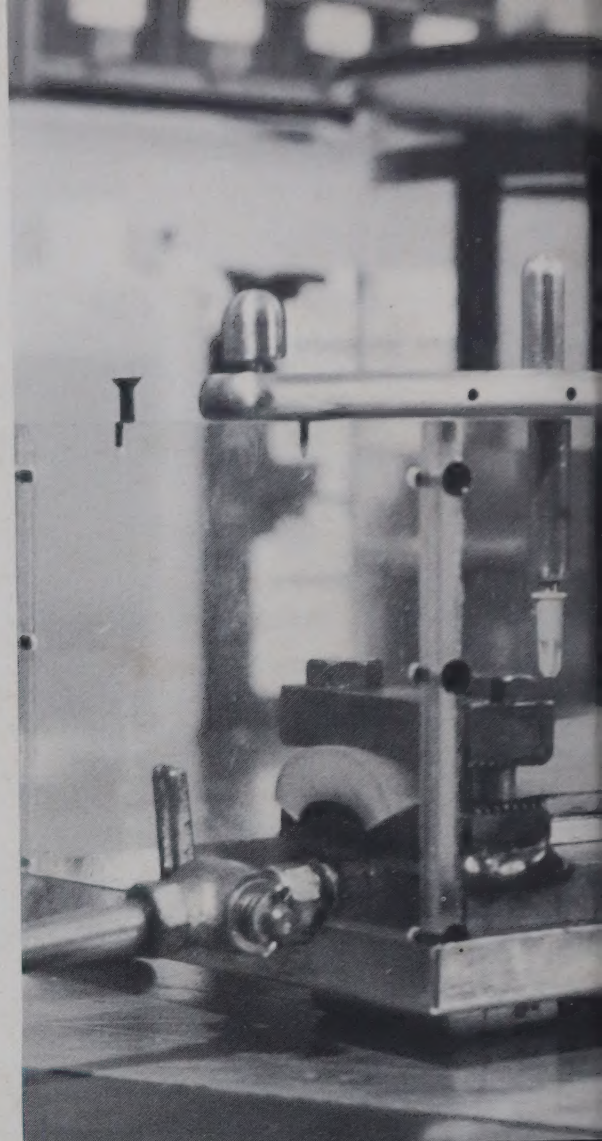
Editor Joan Powers Rickerd **Rédactrice-en-chef**

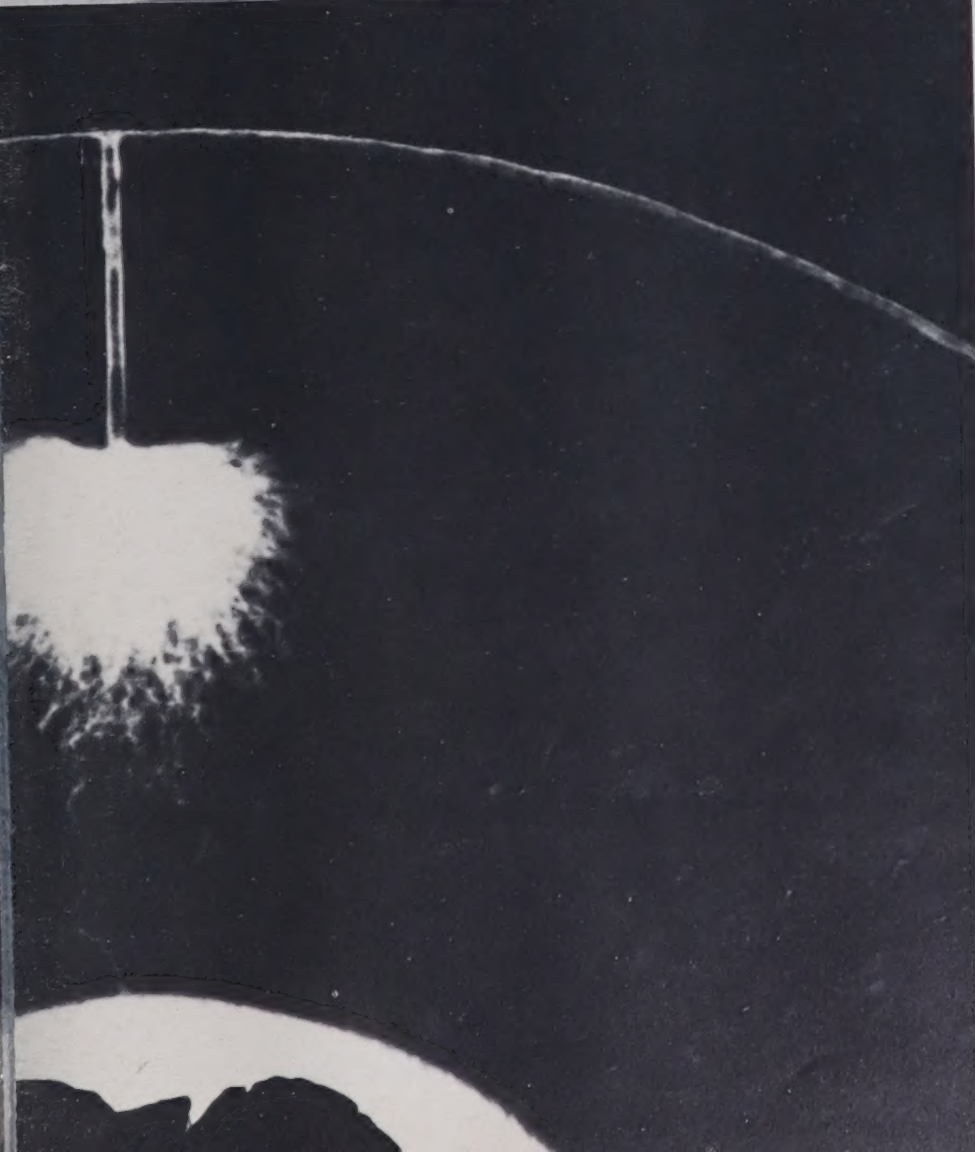
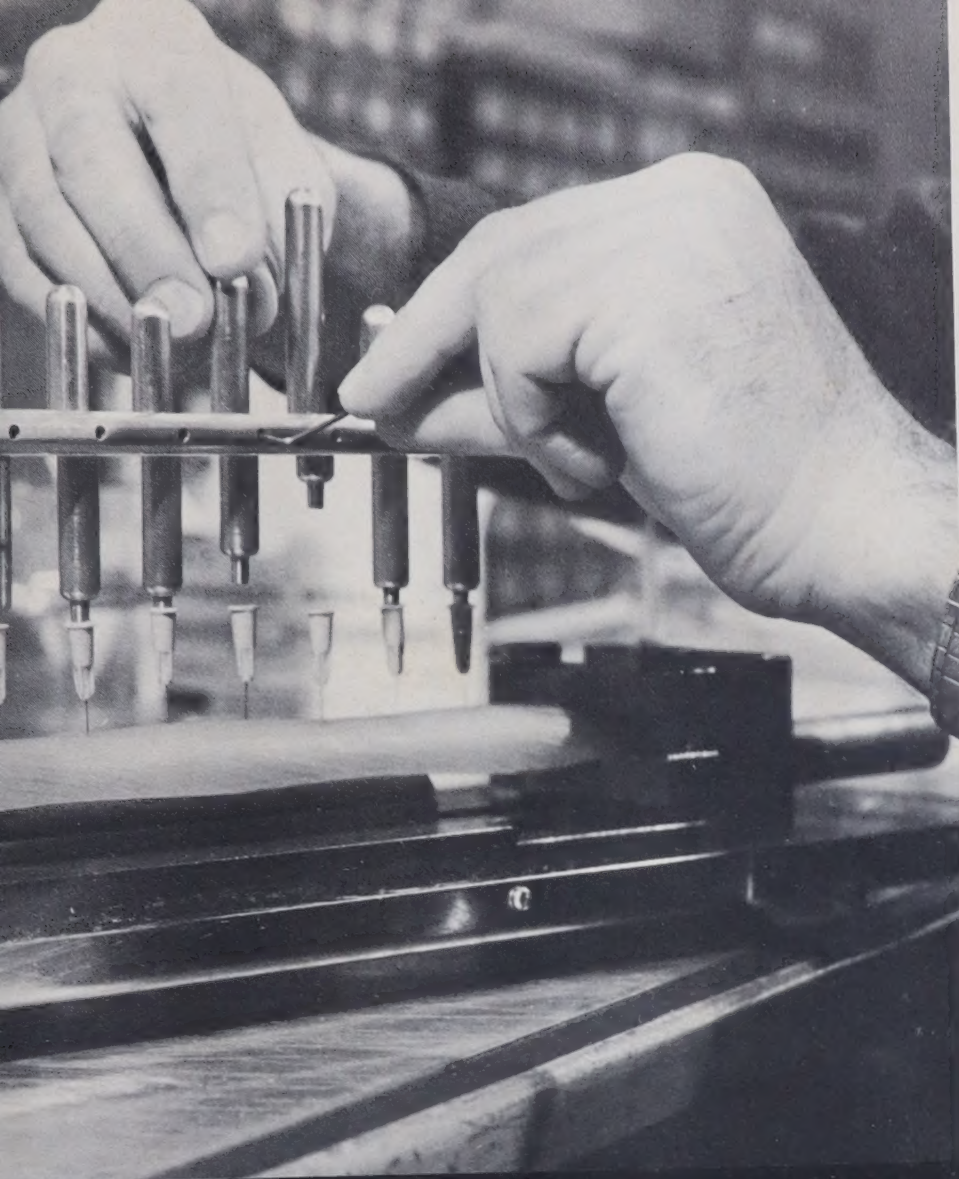
French Texts Georges Desternes, Claude Devismes **Textes français**

Graphics-Production Robert Rickerd **Arts graphiques-Production**

Staff photographer Bruce Kane **Photographe attaché à la Direction**

Printed by Mortimer **Imprimeur**





CFTRI LIBRARY
MYSORE-2A
- 8 JUL 1974



An experiment in NRC's Radio and Electrical Engineering Division designed to simulate stress concentrations arising from impurities in electric cable insulation. Needles are inserted into the insulator and an electric current applied to them to measure the resistance of the insulation material to 'treeing', a breakdown process that radiates outward from a point of weakness much like the branching of a tree. The needle tips simulate the high electrical stresses in the insulator that result from non-insulating impurities.

- Expérience faite à la Division de génie électrique du CNRC pour simuler les concentrations de contraintes données par des impuretés contenues dans l'isolant de câbles électriques. On plante une aiguille dans l'isolant jusqu'à une certaine profondeur et le passage du courant à travers l'épaisseur restante de l'isolant se fait sous une forme arborescente. L'isolant est alors détruit par les "branches" de cet "arbre électrique". La pointe de l'aiguille simule les fortes contraintes d'origine électrique dues à la présence d'impuretés non isolantes.

An effective vaccine against meningitis— Arming the body's defence system

Meningococcus, the bacteria that causes cerebrospinal meningitis, has been described by microbiologists as a "reluctant pathogen", a disease organism that normally produces no more than a mild infection in the nasal passages and the sinuses. The situation becomes serious however, when it invades the bloodstream, making its way into the spinal fluid and thence to the meninges, the membranes that envelop the spinal cord and the brain. This happens in susceptible age groups like babies, youths in their late teens, and immunologically deficient adults, and death can occur within hours unless a suitable antibiotic or therapeutic drug is administered at once. Although few people are attacked each year by the microorganism in North America (436 cases in Canada and 1,349 in the United States during 1973), the mortality rate can reach as high as 25 per cent because of the grim efficiency of the bug once it enters the inner body. (The disease is much more prevalent in other parts of the world, particularly Africa and South America). Added to this critical time factor is the problem of drug-resistant meningococcus strains that have developed over the years. Because the sulfas and other "wonder" drugs were over-used in treating bacterial diseases, strains able to resist their effects have arisen through natural selection and now pose a major problem to chemotherapeutic treatment.

It is for these reasons that immunoprophylaxis, the use of vaccines to stimulate the body's natural defence against specific diseases, is so well suited to offsetting the danger of meningococcal infection. If the body can be conditioned beforehand to defend itself effectively by the production of antibodies against the bacteria, then the fatalities that occur through late diagnosis or resistance to therapeutic drugs can probably be avoided.

Inflammation of the meninges to produce a meningitis can be caused by a number of different microorganisms, but the term is most frequently associated with *Neisseria meningitidis*, or more simply, the meningococcus. The basic problem in developing a vaccine against this sphere-shaped (coccal) bacteria arises from the fact that there are at least six common strains or serotypes denoted A, B, C, X, Y and Z. The serotype distinctions reside in the structural differences in certain long-chain sugars (polysaccharides) on the outer wall of the bacterium. These molecular configurations form the antigenic sites which are that part of the bug that is recognized as foreign by an individual's immune system and against which antibodies are formed. Unfortunately, antibodies produced against one serotype do not recognize or affect any of the others. To protect a person against meningitis therefore requires inoculation by vaccines for all the meningococcal strains, a system that is not practical and has never been attempted.

Because of the sugar nature of the antigens, the problems involved in their isolation, characterization, and use as vaccines are well suited to the techniques of the carbohydrate chemist. Dr. Harold Jennings of the Immunochemistry Section at the National Research Council of Canada's Division of Biological Sciences has studied the chemistry of meningitis vaccines for the last four years, a project that has led not only to the structural determination of the various carbohydrate antigens but to a single vaccine which may prove effective against all the meningococcal strains. Dr. Jennings, an organic chemist whose specialty is carbohydrates, attributes the success of the work to his collaborative efforts with a micro-

Un vaccin contre la méningite Pour une meilleure défense de l'organisme

Le méningocoque, cette bactérie responsable de la méningite cérébro-spinale a été décrite par les microbiologistes comme un "microbe pathogène récalcitrant". Il s'agit d'un micro-organisme qui n'entraîne habituellement qu'une infection légère des fosses nasales et des sinus. La situation devient cependant sérieuse lorsqu'il envahit le système circulatoire, se frayant un chemin dans le liquide céphalo-rachidien pour atteindre ensuite les méninges, c'est-à-dire ces membranes qui enveloppent le cerveau et la moelle épinière. Les groupes les plus exposés sont les bébés, les jeunes vers la fin de l'adolescence et les adultes immunologiquement déficients. La mort peut intervenir en quelques heures à moins qu'un antibiotique ou tout autre médicament approprié ne soit immédiatement administré. Bien que le nombre de personnes atteintes chaque année en Amérique du Nord soit très faible puisque l'on n'a enregistré que 436 cas au Canada et 1349 aux États-Unis en 1973, la mortalité peut atteindre 25% en raison de la virulence du microbe lorsqu'il est parvenu à pénétrer dans l'organisme. Cette maladie est beaucoup plus fréquente dans d'autres régions du monde, notamment en Afrique et en Amérique du Sud. Il faut ajouter à ce facteur temps critique l'existence de souches qui, au cours des années, ont acquis une immunité contre certains médicaments. L'utilisation systématique des sulfamides et d'autres médicaments "miracles" pour traiter les maladies bactériennes a amené l'apparition par sélection naturelle de souches microbiennes résistant à leur action et qui posent maintenant un problème majeur sur le plan chimiothérapeutique.

C'est pour les raisons que nous venons d'indiquer que l'immunoprophylaxie, c'est-à-dire l'utilisation de vaccins pour stimuler les défenses naturelles de l'organisme contre des maladies déterminées est particulièrement bien adaptée à la prévention de l'infection méningococcique. Ainsi, si l'on parvient à conditionner l'organisme de telle sorte qu'il puisse se défendre efficacement en fabriquant des anticorps pour lutter contre le microbe, les morts résultant d'un diagnostic tardif ou d'une résistance aux médicaments thérapeutiques pourront être probablement évitées.

La méningite peut être causée par différents micro-organismes mais c'est généralement le *Neisseria meningitidis*, ou plus simplement le méningocoque qui en est responsable. La principale difficulté rencontrée pour mettre au point un vaccin contre cette bactérie de forme sphérique vient du fait qu'il en existe au moins six souches communes, ou sérotypes, identifiées A, B, C, X, Y et Z. Les distinctions sérotypiques résident dans les différences structurales de certains sucres à longues chaînes (polysaccharides) que l'on trouve sur la paroi extérieure de la bactérie. Ces configurations moléculaires constituent les sites antigéniques que le système immunitaire de l'organisme identifie comme étranger et combat avec des anticorps. Malheureusement les anticorps destinés à combattre un sérotype particulier ne reconnaissent pas les autres sérotypes ou ne peuvent agir contre eux. Si l'on veut donc protéger une personne contre la méningite, il est nécessaire de la vacciner contre l'ensemble des souches pouvant causer cette maladie ce qui, on en conviendra, est peu pratique et n'a jamais été tenté.

Les antigènes étant constitués de sucres, leur séparation, leur identification et leur utilisation comme vaccin se prêtent bien aux techniques du chimiste spécialisé dans les hydrates de carbone. Le Dr Harold Jennings, de la Section d'immuno-chimie de la Division des sciences biologiques du Conseil

Drs. Harold Jennings (left) and Ian Smith (centre) of the National Research Council's Division of Biological Sciences discuss a spectrum from the nuclear magnetic resonance instrument with Dr. Paul Kenny of Health and Welfare Canada's Laboratory Centre for Disease Control.

• Les docteurs Harold Jennings (à gauche) et Ian Smith (au centre), de la Division des sciences biologiques du Conseil national de recherches, étudient un spectre de résonance magnétique nucléaire avec le Dr Paul Kenny, du Laboratoire de lutte contre la maladie du Ministère de la santé et du bien-être social.



biologist from the Department of Health and Welfare Canada and a biophysicist from NRC's Division of Biological Sciences.

"When we began this work," says Dr. Jennings, "there were two basic drawbacks to consider. First, there was the fact that the disease only infects isolated sectors of the population, making it difficult to justify any large-scale vaccination program, and second, there was the problem of so many serotypes. Nonetheless we felt that, apart from the academic value, there was a practical benefit to the study as well. An immunization program would be beneficial to certain high risk groups where the disease normally strikes, such as armed services recruits, indigenous peoples and inhabitants of poorer, crowded areas. Further, it might not be necessary to immunize against all the meningococcal serotypes since a single type usually seems to be prevalent at any given time; as an example, the commonest type found in the United States today is C, whereas 20 years ago it was A."

To obtain the raw material for the study, the bacteria had to be cultured in the laboratory, an undertaking that involves a degree of risk even with the proper facilities. Dr. Paul Kenny, a microbiologist at the Department of Health and Welfare Canada's Laboratory Centre for Disease Control grew the bacteria in a laboratory specially designed to handle disease organisms and supplied Dr. Jennings with the cultures in a "killed" form. A group at the Rockefeller University of New York had already worked out an isolation method for the polysaccharides and partially determined the molecular structures for three of the serotypes, but because the method was cumbersome and the yields were low, Dr. Jennings devised a new procedure that was both easier to carry out and produced higher yields.

"Essentially, we precipitate the polysaccharide-containing material from solution with a detergent," he says, "then wash it with an organic solvent (phenol) to get rid of the protein, and treat it with an enzyme (ribonuclease) to break down any nucleic acids that may be present. The great advantage here is that the process is continuous, with the material always in solution, making it well suited to commercial production. The yields are high for all serotypes, and more important, the polysaccharide is not modified from its natural state."

In vaccine production it is of critical importance to maintain the native condition of the antigenic material (the polysaccharide in this case). The antigenic specificity of a meningococcal serotype is intimately tied up with the molecular architecture of the polysaccharide, and if this is altered the vaccine becomes useless. Injected into the body, these structures effectively "fingerprint" the bacterium and represent the targets against which antibody production is directed. They must therefore be precise, or any later invasion by the bacteria will not be recognized by the immune system.

"Having solved the production problem, our next step was to determine the structures of the polysaccharides," says Dr. Jennings. "Although these molecules are long chains containing many thousands of atoms, they are composed of fairly simple subunits that are repeated in an ordered fashion. These units consist of carbon ring structures to which side groups like phosphate and acetyl are attached at precise locations. The problem we faced was the instability of these side group attachments. Changes in pH make it possible for them to migrate to other positions on the ring, thereby altering the native state, and chemical processes necessarily involve pH change. Although we could determine the nature of the ring and

national de recherches du Canada, étudie la chimie des vaccins utilisés contre la méningite depuis ces quatre dernières années. Cette étude l'a conduit non seulement à déterminer la structure des divers antigènes à hydrates de carbone mais également à la création d'un vaccin unique qui pourrait être efficace contre toutes les souches méningococciques. Spécialiste en chimie organique et en particulier des hydrates de carbone, le Dr Jennings attribue le succès de ses travaux à sa collaboration avec un microbiologiste du Ministère de la santé et du bien-être social et avec un biophysicien de la Division des sciences biologiques du CNRC.

Le Dr Jennings nous a dit: "Lorsque nous avons commencé ces travaux, il nous a fallu tenir compte de deux difficultés fondamentales, la première étant le fait que la maladie affecte seulement des secteurs isolés de la population, rendant de ce fait difficile l'institution d'un programme de vaccination à grande échelle, et la seconde qu'il existait un trop grand nombre de sérotypes. Nous avons néanmoins pensé qu'en plus de l'intérêt qu'elle présentait sur le plan scientifique, l'étude pouvait conduire à des applications pratiques. Un programme de vaccination serait utile pour certains groupes particulièrement exposés comme les nouvelles recrues des Forces armées, les autochtones des régions sous-développées et les habitants de régions surpeuplées et pauvres. Par ailleurs, il pourrait apparaître qu'il n'est pas nécessaire de vacciner les groupes ou les populations contre l'ensemble des sérotypes méningococciques étant donné qu'un seul type prévaut habituellement à un moment donné. Pour citer un exemple, le type le plus couramment rencontré aux États-Unis est actuellement le type C alors qu'il y a 20 ans c'était le type A".

Pour obtenir les éléments nécessaires à l'étude il fallait cultiver les bactéries en laboratoire et cette entreprise comporte un certain risque, même lorsqu'on dispose d'un équipement adéquat. Le Dr Paul Kenny, microbiologiste attaché au Laboratoire de lutte contre la maladie au Ministère de la santé et du bien-être social, a cependant accepté de s'en charger dans un laboratoire spécialement conçu pour les organismes pathogènes et a fourni au Dr Jennings des cultures de micro-organismes atténués. Un groupe de chercheurs de l'Université Rockefeller, à New York, avait déjà mis au point une méthode de séparation pour les polysaccharides et était parvenu à déterminer en partie les structures moléculaires de trois des sérotypes mais la méthode étant peu pratique et le rendement faible, le Dr Jennings a dû mettre au point une nouvelle procédure ne présentant pas ces inconvénients.

Le Dr Jennings nous explique sa méthode: "Elle consiste fondamentalement à précipiter la substance contenant les polysaccharides avec une solution de détersif puis à la laver avec un solvant organique (phénol) pour éliminer la protéine et à la traiter avec un enzyme (ribonucléase) pour décomposer les acides nucléiques qui peuvent s'y trouver. Le grand avantage de cette méthode est que le processus est continu, la substance restant continuellement en solution et se prêtant ainsi particulièrement bien à une production commerciale. Le rendement est élevé quel que soit le sérotype et, ce qui est plus important, l'état naturel du polysaccharide n'est pas modifié".

Pour la fabrication des vaccins il est absolument essentiel que la substance antigène, le polysaccharide dans le cas qui nous occupe, soit maintenue dans son état naturel. La spécificité antigénique d'un sérotype méningococcique est intimement liée à l'architecture moléculaire du polysaccharide et si celle-ci est modifiée le vaccin devient inopérant.

Agar plate used to demonstrate the cross-reactivity of an antigen preparation with antisera to the six meningococcal serotypes. The central well (no. 1) contains an antigen preparation from type Y meningococcus while the outer wells (nos. 2-7) contain antisera to each of the serotypes. The precipitin band formed in the agar between the wells demonstrates that the central well contains an antigen common to all six serogroups. • Plaque de gélose utilisée pour

mettre en évidence la réaction croisée d'une préparation antigénique à base d'antisérums avec les six sérotypes méningococciques. Le trou central (no 1) contient une préparation antigénique du méningocoque du type Y tandis que les autres trous (no 2 à 7) contiennent des antisérums de chacun des sérotypes. La bande de précipitine qui s'est formée dans la gélose, entre les trous, démontre que le trou central contient un antigène commun aux six sérogroupes.



the side groups, we could not pinpoint the side group positions with any confidence."

The positioning problem was solved in collaboration with Dr. I.C.P. Smith of NRC's Biophysics Section using an analytical technique known as Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance (^{13}C NMR). This method of analysis is a physical rather than a chemical technique and does not involve chemically imposed conditions that might cause these side group migrations. Basically the NMR instrument provides information about the various chemical environments of the C^{13} nucleus, and taken in conjunction with the "wet" chemistry data, it is possible to position accurately the side groups on the ring backbone. The instrument is also able to determine which of the carbon atoms participate in the chemical bonds that join the rings together to form the chain, and can distinguish between two basic bonding patterns, termed α - and β - linkages.

" ^{13}C NMR is ideal because it is not necessary to break down the molecule," says Dr. Jennings. "The polysaccharide is simply dissolved in water and the spectrum run without any chemical changes taking place. We now do the chemistry and the NMR concurrently, using the NMR spectra as a monitoring tool for the chemical work."

Using the combination of chemistry and NMR, Dr. Jennings has determined the polysaccharide structures of the six meningococcal serotypes. As well, a meningococcus unrelated to any of the known strains and containing galactosamine, a residue not found previously in the meningococcal polysaccharides, has been under study and may lead to the definition of an entirely new serogroup.

Why do these structural studies at all?

"Because we must have a means of monitoring the native state of these polysaccharides during production," says Dr. Jennings. "Knowing the correct structure provides a means of determining a vaccine's effectiveness. By simply producing NMR spectra we can tell immediately whether or not a polysaccharide has been altered."

During this study Dr. Jennings was also interested in the development of a vaccine effective against all the meningococcal serotypes. Such an immunoprophylactic would have obvious advantages over the collection of specific vaccines, and would solve the problem of serotype B; apparently the B polysaccharide is not immunogenic in humans (does not stimulate an immune response) and therefore cannot be used as a vaccine.

"What we wanted from meningococcus was an antigen common to all the serotypes," says Dr. Jennings, "and we found it with an agar plate method that detects the extent of cross-reactivity between an antiserum and an antigen. Dr. Kenny prepared antisera to each of the strains by repeated injection of the live bug into rabbits, which react immunologically to meningococcus but do not contract the disease. Each of these antisera consists of a whole spectrum of antibodies directed against the various antigenic sites on the bacterial exterior, the polysaccharide being but one site among many. Because the serotypes are of the same species, they will have antigens on their outer membranes that are common to the group. These "species-specific" antigens are much better suited to vaccine preparation than the "serotype-specific" polysaccharides since they identify or fingerprint all the strains rather than just one."

In his search for this all-purpose antigen, Dr. Jennings extracted cultures of serogroup Y with a number of different

Injectées dans l'organisme, ces structures identifient la bactérie et représentent les cibles auxquelles les anticorps doivent s'attaquer. Elles doivent, par conséquent, être précises faute de quoi toute invasion ultérieure par les bactéries ne sera pas reconnue par le système immunologique.

Le Dr Jennings poursuit: "Après avoir résolu les problèmes de fabrication, l'objectif suivant consistait à déterminer les structures des polysaccharides. Bien que ces molécules se présentent sous forme de longues chaînes contenant plusieurs milliers d'atomes, elles sont composées d'unités secondaires relativement simples qui se répètent de façon ordonnée. Ces unités sont elles-mêmes constituées de noyaux de carbone cycliques auxquels se fixent, en des points précis, des groupes latéraux comme les phosphates et les acétyles. Le problème qu'il nous fallait résoudre était l'instabilité de la fixation de ces groupes latéraux. Des modifications du pH leur permet de changer de position sur le noyau modifiant ainsi l'état natif, et les processus chimiques entraînent nécessairement une modification du pH. Nous savions comment déterminer la nature du noyau et des groupes latéraux mais nous n'étions pas en mesure de déterminer avec certitude la position exacte de ces groupes".

Nous avons résolu ce problème en collaboration avec le Dr I.C.P. Smith, de la Section de biophysique du CNRC, en utilisant une technique analytique connue sous le nom de résonance magnétique nucléaire du Carbone 13 (RMN ^{13}C). Cette méthode d'analyse est physique plutôt que chimique et n'implique pas des conditions imposées sur le plan chimique pouvant provoquer le déplacement de ces groupes latéraux. Les principales informations données par l'instrument utilisé dans cette technique touchent les divers environnements chimiques du noyau C^{13} et conjointement avec les résultats obtenus par des méthodes d'analyse chimiques il est possible de déterminer avec précision l'emplacement des groupes latéraux sur la structure du noyau. L'instrument peut également déterminer lequel des atomes de carbone participe aux liaisons chimiques qui unissent les noyaux pour former la chaîne et il peut distinguer entre deux configurations de liaisons fondamentales appelées α - et β -.

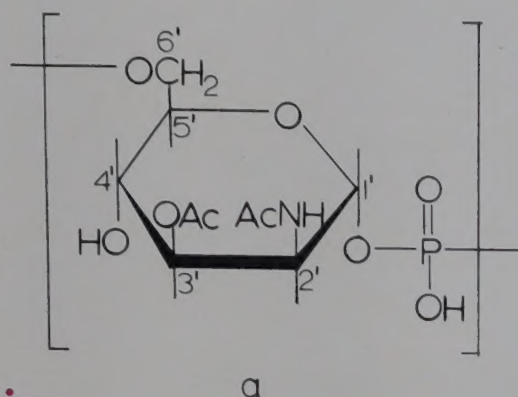
Le Dr Jennings nous a souligné que la résonance magnétique nucléaire de ^{13}C est idéale parce qu'il n'est pas nécessaire de décomposer la molécule. Le polysaccharide est simplement dissout dans l'eau et le spectre est déterminé sans qu'aucune modification chimique n'intervienne. Nous procédons ensuite simultanément à l'analyse chimique et à la détermination de la RMN, les spectres de RMN servant de moyen de contrôle pour l'analyse chimique.

En combinant l'analyse chimique et la RMN, le Dr Jennings a déterminé les structures des polysaccharides des six sérotypes méningococciques. Il a été par ailleurs possible d'étudier un méningocoque n'ayant aucun lien de parenté avec les souches connues et contenant de la galactosamine, substance qui n'avait pas encore été décelée dans les polysaccharides méningococciques. Cette étude pourrait conduire à la définition d'un sérotype entièrement nouveau.

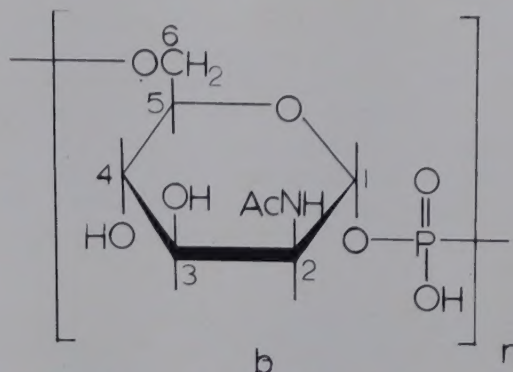
Pourquoi donc étudier ces structures?

Le Dr Jennings nous répond: "Parce que nous devons disposer d'un moyen de contrôle de l'état natif de ces polysaccharides pendant leur formation car en connaissant leur structure exacte on peut déterminer l'efficacité d'un vaccin. Le simple examen des spectres de RMN permet de savoir immédiatement si un polysaccharide a subi une modification".

The subunit structures of the serogroup A polysaccharide as characterized by Dr. H. Jennings of the Division of Biological Sciences. The brackets indicate that the molecules are joined together to form chains, the *a* and the *b* being present in the molar ratio 3 to 7 in the polysaccharide. Note that the subunit *a* differs from *b* in having an O-acetyl (OAc) at position 3 on the ring backbone. Because this group can migrate to other ring positions with changes in pH, it is advantageous to use carbon-13 NMR spectroscopy in determining its position at carbon-3. • Structures des unités secondaires du polysaccharide du sérotype A décrit par le Dr H. Jennings, de la



Division des sciences biologiques. Les parenthèses indiquent que les molécules sont soudées entre elles et forment des chaînes, le *a* et le *b* étant présents dans le polysaccharide dans le rapport molaire de 3/7. Il est à noter que la structure de l'unité secondaire *a* diffère de celle de *b* en ce sens qu'elle a un O-acétyl (OAc) à l'emplacement no 3 sur la structure du noyau. Ce groupe pouvant changer de position sur le noyau à la suite d'une modification du pH, il est avantageux de déterminer sa position à l'emplacement du carbone -3 grâce à la spectroscopie par résonance magnétique nucléaire du carbone -13.



meningitis

solvents and tested their cross-reactivity with the various antisera. Wells made in agar and symmetrically disposed about the centre of a petri dish container were filled with the antisera, while a central well was filled with one of the antigen preparations. In this arrangement, antibodies from the outer wells diffuse through the agar toward the centre, and where they meet antigens diffusing outward that they recognize, a precipitin band forms. An antigen in the centre well common to all serotypes would thus form bands with all six antisera.

"An antigen mixture prepared from the bacteria by a method that involved a sequential washing procedure gave the strongest cross-reaction with the antisera," says Dr. Jennings. "And, fortuitously, these solutions also precipitated a lipopolysaccharide from the medium that was known to be toxic, a substance that causes fevers on injection. This was very exciting since the preparation seemed to be ideal for use as a vaccine; it cross-reacted with all the antisera and a major toxin had been removed."

But would it *cross-protect* against the bugs as it cross-reacted with their antisera? Would it jog the immune system into recognizing an attack by the live bacteria?

Dr. Kenny answered the question by immunizing mice with the preparation and subsequently injecting them with the live meningococcal strains. If the vaccine did not protect the animals it would be readily apparent since, under certain specific conditions, mice are susceptible to the disease. These "mouse challenge" experiments demonstrated that the antigen did indeed cross-protect against all the serotypes, and as such represented an effective anti-meningococcus vaccine.

"Using the challenge experiment to monitor the vaccine potency, we analyzed the preparation in the laboratory, eventually separating it into an acid and a basic fraction," says Dr. Jennings. "The basic fraction, consisting of two proteins, showed tremendous cross-reactivity but it did not protect the mice. In contrast, the acid fraction, containing mainly protein with some polysaccharide, protected the mice against all the strains. Later on we showed that the effective antigen in this mixture was a protein."

Dr. Jennings emphasized that the effectiveness of the fractions would not necessarily be the same in humans as in mice. Though the mouse and human immune systems are similar, they are not exact parallels.

"Since injection of the live bacteria into humans is out of the question," he says, "a test for effectiveness will involve a statistical approach. People in high risk areas will be vaccinated with the fractions and compared with those without vaccinations for disease susceptibility. At present we have

... contre la méningite

Au cours de cette étude le Dr Jennings s'est également intéressé à la mise au point d'un vaccin efficace contre tous les sérotypes méningococciques. Il est évident qu'un tel immunoprophylactique pourrait remplacer avantageusement toute la série de vaccins spécifiques actuellement nécessaires et il permettrait par ailleurs de résoudre le problème posé par le sérotype B car il semble que ce polysaccharide ne soit pas immunogène chez l'être humain et on ne peut l'utiliser comme vaccin.

Le Dr Jennings poursuit: "Ce que nous cherchions à obtenir du méningocoque, c'est un antigène commun à tous les sérotypes et nous l'avons trouvé avec une méthode où l'on utilise une plaque de gelose permettant de déterminer l'étendue de la réaction croisée entre un antisérum et un antigène. Le Dr Kenny a préparé des antisérums pour chacune des souches en procédant à des injections répétées de la bactérie vivante à des lapins qui ont une réaction immunologique au méningocoque sans contracter la maladie. Chacun de ces antisérums est constitué de la gamme complète des anticorps qui sont dirigés contre les différents sites antigéniques de la paroi extérieure de la bactérie, le polysaccharide n'étant que l'un de ces nombreux sites. Les sérotypes appartenant à la même espèce, leurs membranes extérieures comportent des antigènes qui sont communs au groupe. Ces antigènes "spécifiques de l'espèce" conviennent beaucoup mieux à la confection du vaccin que les polysaccharides "spécifiques du sérotype" puisqu'ils identifient l'ensemble des souches plutôt qu'une seule d'entre elles".

Au cours de ses travaux visant à mettre au point un antigène polyvalent, le Dr Jennings a extrait des cultures du sérotype Y en se servant de différents solvants et a éprouvé leur réactivité croisée avec les différents antisérums. On a procédé à l'expérience suivante: dans de la gelose on a fait des trous disposés symétriquement par rapport au centre d'une boîte de Pétri et on les a remplis d'antisérum tandis qu'un trou central a été rempli avec l'une des préparations antigéniques. On a pu alors constater que les anticorps des trous externes se diffusent dans la gelose vers le centre et lorsqu'ils entrent en contact avec des antigènes se diffusant vers l'extérieur et qu'ils reconnaissent, on assiste à la formation d'une bande de précipité. Ainsi, un antigène se trouvant dans le trou central et commun à tous les sérotypes formerait des bandes avec tous les six antisérums.

"Un mélange antigénique obtenu en partant des bactéries selon une méthode impliquant un lavage séquentiel a donné les plus fortes réactions croisées avec les antisérums et, fortuitement, ces sels ont également précipité un lipopolysaccharide

transferred the problem to Connaught Laboratories Limited in Toronto, who are hoping to negotiate with the Canadian Armed Forces to conduct the field trials on volunteers."

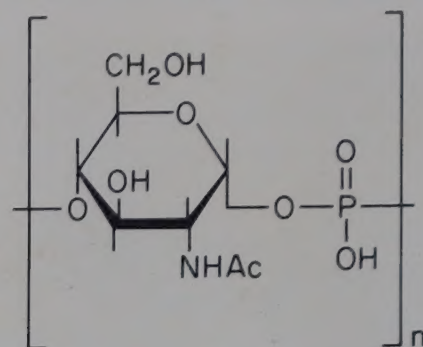
Dr. Jennings credits the advances made in the chemistry and immunology of *Neisseria meningitidis* to the pooling of expertise from the three different branches of science. It was the interdisciplinary approach, the collaboration among an organic chemist, a microbiologist and a biophysicist in the pursuit of a common goal that led to the project's success. □

Wayne Campbell



Syphoning off the supernatant from the *N. meningitidis* culture medium after precipitation of the polysaccharide material with the detergent Cetavlon. The precipitated polysaccharide can be seen at the bottom of the cylinders. • La substance qui s'est formée à la surface du bouillon de culture de *Neisseria meningitidis* est siphonnée après précipitation du polysaccharide avec le détersif (Cetavlon). Le précipité est visible au fond des récipients.

The subunit structure of the serogroup X polysaccharide as characterized by Dr. H. Jennings of the Division of Biological Sciences. The brackets indicate the molecules are joined together to form a chain n subunits long, the value of n being approximately 200. • Structure de l'unité secondaire du polysaccharide du sérogroupe X décrit par le Dr H. Jennings, de la Division des sciences biologiques. Les parenthèses indiquent que les molécules sont soudées entre elles et forment une chaîne ayant une longueur égale à n unités secondaires, la valeur de n étant approximativement de 200.



... contre la méningite

à partir d'un bouillon toxique déclenchant des fièvres lorsqu'on l'injecte dans un organisme. Ce résultat était très encourageant puisque la préparation en question semblait idéale comme vaccin. En effet, elle donnait lieu à une réaction croisée avec tous les antisérums et une toxine majeure avait été éliminée", nous a dit le Dr Jennings.

Maintenant la question se posait de savoir si elle assurerait une protection contre les bactéries, à l'instar de la réaction croisée à laquelle elle donnait lieu avec leurs antisérums. Permettrait-elle au système immunologique d'identifier une attaque par les bactéries vivantes?

Le Dr Kenny a répondu à la question en immunisant des souris à l'aide de la préparation et en leur injectant ensuite des souches de méningocoques vivants. Si le vaccin n'immunisait pas les animaux, on s'en apercevrait immédiatement puisque, dans certaines conditions, les souris sont prédisposées à la maladie. Ces expériences ont démontré que l'antigène immunisait effectivement contre l'ensemble des sérotypes et qu'il s'avérerait ainsi être un vaccin antiméningococcique efficace.

"Utilisant l'expérience en question pour contrôler la force du vaccin, nous avons analysé la préparation en laboratoire puis nous l'avons séparée en deux fractions, l'une acide et l'autre basique. La fraction acide, composée de deux protéines, a une réactivité croisée considérable mais elle ne protège pas les souris. Par contre, la fraction acide contenant principalement des protéines avec quelques polysaccharides assure la protection de toutes les souris contre toutes les souches. Nous avons démontré par la suite que l'antigène efficace de cette préparation était une protéine", nous a dit le Dr Jennings.

Le Dr Jennings insiste sur le fait que les fractions n'auraient pas nécessairement la même efficacité chez l'homme que chez la souris car bien que les systèmes immunologiques soient similaires dans les deux cas, ils ne sont pas exactement parallèles.

"Comme il est exclu d'injecter des bactéries vivantes à l'homme, l'efficacité du vaccin ne pourra être déterminée que statistiquement. Les personnes habitant les zones où il y a risque élevé de contamination seront vaccinées avec les fractions et comparées avec celles qui ne l'ont pas été pour déterminer si elles sont moins susceptibles de contracter la maladie. Nous venons de soumettre le problème aux Connaught Laboratories Limited, de Toronto, qui espèrent obtenir le concours de l'armée canadienne pour essayer le vaccin sur des volontaires", nous a dit le Dr Jennings.

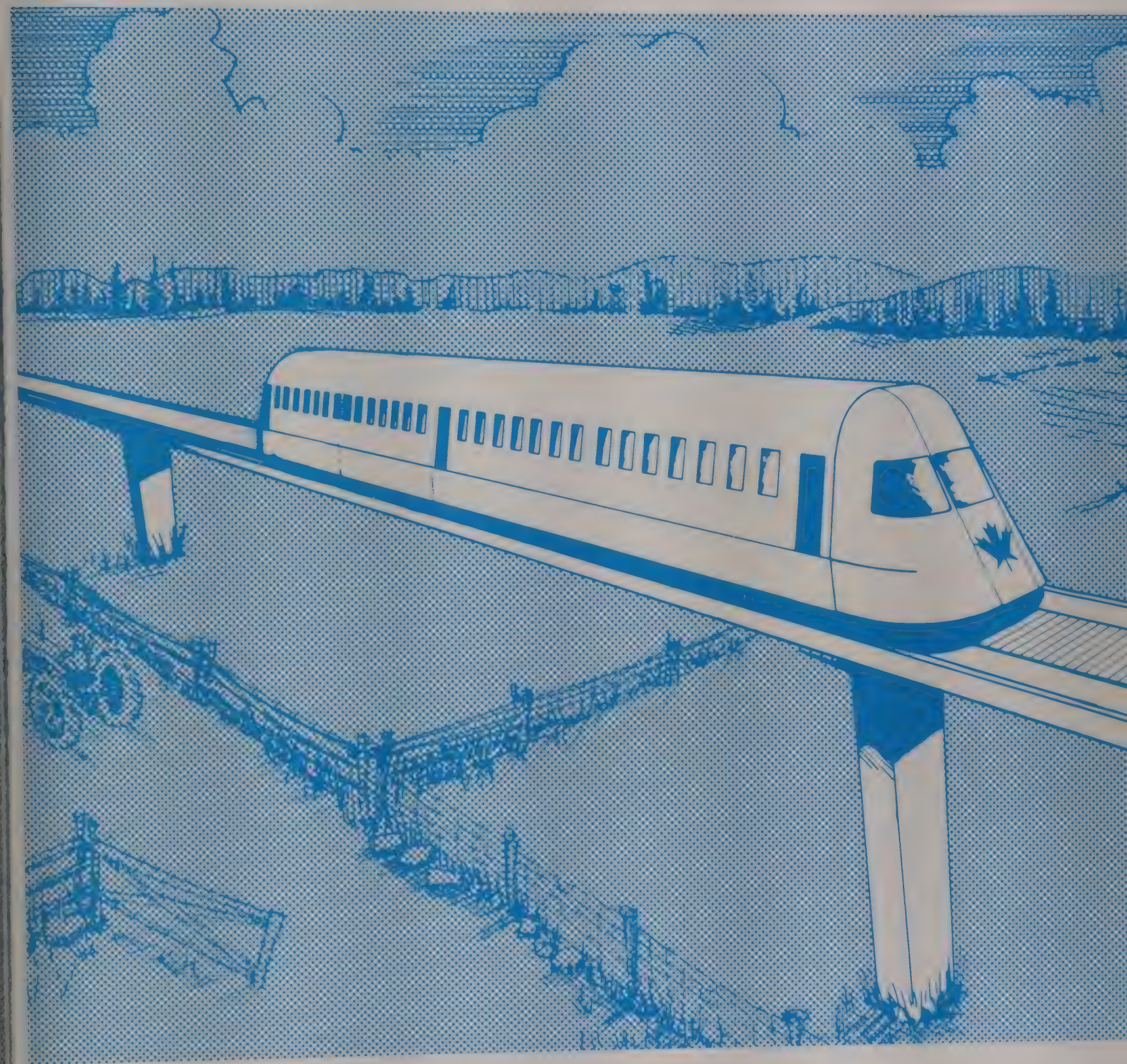
Le Dr Jennings attribue les progrès accomplis sur les plans de la chimie et de l'immunologie de *Neisseria meningitidis* à la mise en commun des connaissances de trois branches scientifiques. □

Magnetic levitation—

Putting commuters up in the air

La suspension magnétique

pour les banlieusards



Artist's concept of a magnetic levitation vehicle proposed to operate along the busy Montreal-Ottawa-Toronto corridor by early in the 1990s. The vehicle, weighing about 30 tons and carrying 100 passengers, would travel at 300 miles per hour and cover the route in two hours • Schéma d'un véhicule MAGLEV sur la ligne Montréal-Ottawa-Toronto construite spécialement pour des véhicules à suspension magnétique de 30 tonnes et transportant 100 passagers à 300 miles à l'heure après 1990. Le voyage Montréal-Toronto ne devrait durer que 2 heures.

Each week, thousands of Canadian businessmen ply the nation's busiest corridor between Montreal, Ottawa and Toronto. Some of them fly the 400 miles, a few take trains and buses and some choose to drive a car. Air travel is the fastest, although commuters constantly complain of the distance between downtown sections of a city where they usually conduct business, and the airport. Travel by train and bus reduces this distance, while travel by car gives a commuter door-to-door convenience.

A means of travel which would be faster than flying and move commuters from downtown to downtown would serve an obvious need. Two alternatives may meet this demand; short takeoff and landing aircraft (STOL) flying from airstrips located close to downtown sections, or a high-speed ground transport system linking downtown cores.

A Negotiated Grant of \$133,000 has been given by the National Research Council of Canada to the Canadian Magnetic Levitation (MAGLEV) Research Group to provide a facility with which to conduct some experiments in magnetic levitation and a linear synchronous electric propulsion system. Researchers from McGill University, the University of Toronto and Queen's University, Kingston, have been probing the possibilities of using magnetic levitation and its applications in terms of high-speed ground travel since late in 1971.

The NRC Grant was awarded in 1973. The group is also being supported by a contract from the federal Transportation Development Agency.

The theory behind the fundamental research being conducted through the NRC grant is simple and has been contemplated by scientists and urban planners around the world for many years. The idea for using magnetic levitation dates back to the turn of the 20th century when thoughts of suspending a vehicle above the ground, free from wear and friction, were first formulated. Permanent magnets such as the common horseshoe type, cannot produce sufficiently high magnetic fields for large suspension heights or heavy loads. Only recent technological advances resulting in the development of ultra-powerful superconducting magnets have made the proposal more attractive. Such magnets are capable of generating very large forces and consist of electromagnet coils of special superconducting material — such as niobium titanium — which, when cooled by liquid helium (–269 degrees Centigrade) loses its electrical resistance. High-strength fields can then be generated without the prohibitive amounts of electrical power required by conventional electromagnets.

Work in Canada on the possible future applications of magnetic levitation for ground transit systems started about five years ago. Britain, the United States, Japan, Germany and Canada are cooperating in regular exchanges of information on the subject.

The NRC Grant, for a period of two years, has been used for the construction of a test facility at Queen's University, under the guidance of Physics Professor David Atherton. The

Scientists associated with the Canadian Magnetic Levitation (MAGLEV) Research Group are constructing this test facility at Queen's University, Kingston, Ontario, to further probe the applications of magnetic levitation vehicles. The 25-foot diameter wheel will revolve at a peripheral speed of 70 miles per hour, with the proposed vehicle remaining stationary above an aluminum guideway at the wheel's perimeter. The facility will be completed and ready for testing



test bed will be completed this summer and will be used for experiments and basic research into magnetic levitation and its possible applications for high-speed ground travel systems. Research will be limited to actual levitation, with superconducting magnets being used to gather more data. Rather than using a linear track, which would take a great deal of space, the research group has designed a system using a stationary facility incorporating the magnets and a circular track. A guideway is located at the perimeter of a 25-foot diameter wheel. A 150-horsepower electric motor provides power to the wheel which at full speed turns 1.2 revolutions per second, giving a peripheral speed of 75 miles per hour. Aluminum spokes from the central hub support a wooden rim onto which a fiberglass collar is fitted to withstand the centrifugal forces. The aluminum guideway is attached to this collar. The superconducting magnets, simulating the presence of a MAGLEV vehicle, are placed about six inches from the wheel and are expected to exert forces in the range of four tons.

Researchers say that work to date has indicated the need for an auxiliary wheel system on an actual vehicle. The vehicle proposed would weigh about 30 tons and carry up to 100 passengers. The wheels would be used at low speeds, but it is hoped that research using the test wheel at Queen's University will support existing beliefs that large repulsion forces by the superconducting magnets provide lift at modest velocity. Suspension heights of as much as 12 inches above the aluminum guideway may be feasible.

"We're breaking new research ground all the time," says Professor Atherton. "We chose the wheel system for our

later this year. • La maquette, en cours de construction à Queen's University, à Kingston, pour simuler un véhicule MAGLEV et sa voie. Cette voie sera mobile et elle est représentée par cette roue de 25 pieds de diamètre tournant à une vitesse périphérique de 70 miles à l'heure alors que le "véhicule" sera fixe au-dessus du "rail" en aluminium obtenu en recouvrant le pourtour de la roue d'une bande de ce métal. Les essais doivent commencer cette année.

La suspension magnétique . . .

Chaque semaine des milliers d'hommes d'affaires voyagent entre Montréal, Ottawa et Toronto, c'est-à-dire sur la route la plus fréquentée du Canada. Certains utilisent l'avion sur ces 400 miles et les autres prennent le train, des autobus ou leur automobile. C'est l'avion qui est le plus rapide mais la distance entre les aéroports et le centre des villes où se font les affaires est toujours grande. Par contre, le train et l'autobus amènent le voyageur au milieu de la ville et l'automobile permet de voyager de porte à porte.

Dans ces conditions, il serait intéressant d'utiliser un moyen de transport à vitesse comparable à l'avion mais permettant d'éviter le transfert entre les aéroports et le centre des villes. On envisage deux solutions: l'ADAC, ou avion à décollage et atterrissage court et utilisant de petits terrains près du centre des villes, et un véhicule de surface à grande vitesse permettant d'aller du centre d'une ville à celui d'une autre.



Dans ce dernier cas, des études ont été entreprises par la Canadian Magnetic Levitation (MAGLEV) Research Group, c'est-à-dire par des ingénieurs s'intéressant aux véhicules rapides à suspension magnétique; MAGLEV a bénéficié d'une subvention négociée de 133 000 dollars du Conseil national de recherches du Canada. Grâce à cette subvention, des chercheurs des Universités McGill, de Toronto et Queen's se livrent depuis la fin de 1971 à des expériences qui, éventuellement, pourraient conduire également à l'utilisation du moteur synchrone linéaire pour la propulsion à grande vitesse au niveau du sol. La subvention du CNRC a été accordée en 1973 et ces chercheurs bénéficient aussi de l'appui financier de l'Agence fédérale de développement des transports.

L'idée à la base de ces recherches n'est pas nouvelle et les ingénieurs et les urbanistes du monde entier y pensent depuis bien des années. Il s'agit d'utiliser une suspension magnétique comme on l'envisageait depuis le début du 20^e siècle afin d'éviter les frottements et l'usure. Mais bien des idées sont très difficiles à réaliser et ce n'est que récemment que des progrès techniques ont conduit à la naissance des électro-aimants supraconducteurs, c'est-à-dire travaillant à des températures extrêmement basses et grâce auxquels la suspension magnétique de véhicules semble intéressante. Ces électro-aimants sont en matériaux spéciaux, comme le titane au niobium et ils sont refroidis à l'hélium liquide jusqu'à une température de -269°C, température à laquelle la résistance électrique disparaît. Ainsi, on peut obtenir des champs magnétiques très puissants sans avoir à les payer d'une dépense énergétique considérable en électricité comme ce serait le cas avec des électro-aimants ordinaires.

Des travaux se font au Canada depuis environ cinq ans au niveau expérimental pour explorer les possibilités éventuelles de construire un véhicule appelé aussi MAGLEV. La Grande-Bretagne, les États-Unis, le Japon, l'Allemagne et le Canada coopèrent régulièrement en ce domaine pour échanger des renseignements.

La subvention de deux ans du CNRC couvre les frais de construction d'un banc d'essais, à Queen's University, sous la direction du professeur David Atherton, du Département de physique. Cette installation sera terminée cet été et la première maquette du véhicule MAGLEV construit au Canada y sera essayée en suspension. Plutôt que d'utiliser une voie linéaire, ce qui exigerait beaucoup d'espace, le groupe utilise un véhicule stationnaire et une voie circulaire. La voie se trouve à la périphérie d'une roue de 25 pieds de diamètre. Un moteur électrique de 150 CV donne la possibilité d'atteindre la vitesse maximum de 1.2 tour par seconde ce qui donne une vitesse périphérique de 75 miles à l'heure. Des rayons en aluminium soutiennent une jante en bois qui sera renforcée à sa périphérie par un cercle de fibres de verre afin de résister à la force centrifuge. Ce cercle en fibres de verre sera ensuite recouvert d'aluminium. Les électro-aimants supraconducteurs simulant le véhicule MAGLEV seront placés à environ six pouces de la

research because of its relatively low cost. The basic concept of MAGLEV is old and simple. We have the technology today. However, a great deal of analysis, optimization, engineering and development must be carried out before such a system can be built in Canada."

The possible advantages of magnetic levitation vehicles to the commuter are best considered by comparing total travelling times between two of the cities — Montreal and Toronto — with present-day conventional means of travel.

It is believed MAGLEV could offer the comfort, reliability and speed of the airplane with the convenience of the bus or train. On a typical trip between Toronto and Montreal, such vehicles could effect a saving in overall travel time of from one to two hours compared with their nearest competitors, STOL or conventional aircraft, and from four to five hours compared with the family car, train or bus.

If research proves beyond doubt the feasibility of applying the principle of magnetic levitation to a ground transport system, a linear synchronous motor (LSM) could be used for propulsion. It is believed an LSM could propel such a vehicle at speeds of about 300 miles per hour, covering the Montreal, Ottawa to Toronto route in about two hours. It could operate, creating no pollution and only noise associated with air disturbance, along an elevated aluminum guideway. Snow would not accumulate on the flat surface of the guideway but would simply blow off.

The concept of LSM drive is being investigated by a University of Toronto team using the Queen's facility. The motor would use an array of alternate polarity superconducting magnets placed beneath the proposed vehicle, which would "lock" it to sequentially-excited windings along the guideway. The speed of the vehicle would be determined by the frequency of the A.C. supplied to the guideway windings. The cost of these windings represents a disadvantage to the scheme, while one advantage is that power for propulsion and suspension is supplied to the guideway and not to the vehicle. Wayside power collection or a large powerplant within the vehicle would thus be avoided. On the test facility the alternating current guideway windings will be rotated on the periphery of the wheel whereas the superconducting vehicle magnets will be stationary.

It is expected that the cost of construction of the guideway, which could be 20 feet above ground, would be reduced by the small demands placed upon it by the passage of a vehicle. Because of the proposed high suspension factor, the vehicle would ride above imperfections and undulations in the surface. It need not therefore be constructed to tolerances demanded by tracked air cushion vehicles.

Research into the many aspects of the use of magnetic levitation transport systems and linear synchronous motor drive will continue. Researchers hope such a system could be operational in Canada by 1990. □

David Smithers



STOL — MAGLEV's closest competitor. • Un ADAC, le concurrent de MAGLEV.

La suspension magnétique ...

roue et l'on pense que les forces exercées seront de l'ordre de quatre tonnes.

Il semble qu'il sera nécessaire de disposer de roues auxiliaires pour les faibles vitesses car, actuellement, on ne peut encore qu'espérer avoir une portance suffisante pour "voler" à une "altitude" pouvant atteindre 12 pouces au-dessus de la voie d'aluminium dans le cas d'un véhicule de 30 tonnes transportant 100 passagers.

Le professeur Atherton nous a dit: "Sans cesse nous sommes à la pointe de la recherche. Nous avons choisi ce système à roue pour les essais en raison de son coût relativement bas. L'idée à la base du véhicule de MAGLEV est vieille et très simple. Aujourd'hui, nous disposons de la technologie nécessaire. Cependant, il faudra beaucoup travailler dans le domaine de l'analyse, de l'optimisation, de l'adaptation technique et du développement avant que les

ingénieurs puissent construire un tel système au Canada".

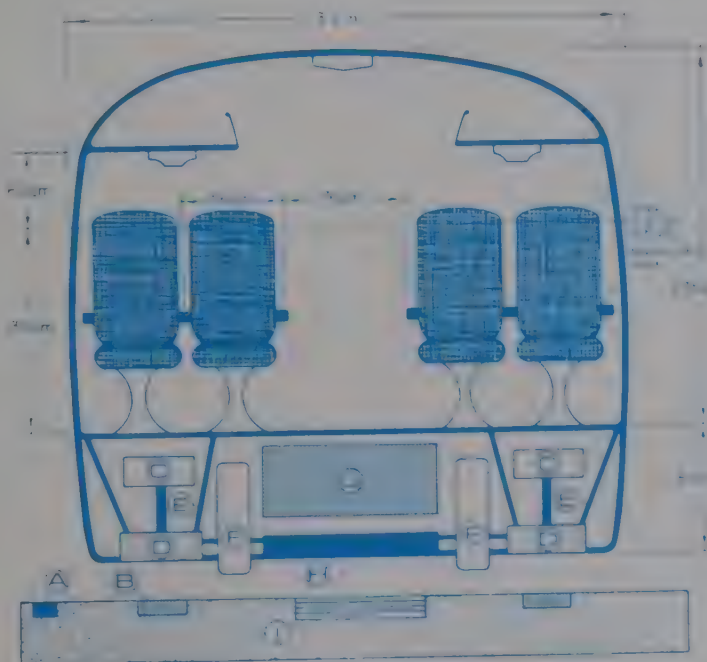
Les avantages de cette sorte de métro magnétique pour les voyageurs des très grandes banlieues des grosses agglomérations deviennent évidents lorsque l'on compare, par exemple, la durée totale du trajet Montréal-Toronto par ce métro magnétique avec les durées inhérentes aux moyens actuels de transport.

Il se peut que MAGLEV offre le confort et la vitesse de l'avion en même temps que la régularité et la souplesse d'utilisation du car ou du train. Ainsi, un voyage de Toronto à Montréal durerait une à deux heures de moins que par avion ordinaire ou par ADAC et quatre à cinq heures de moins que par la route ou par le train.

Si les résultats des recherches sont positifs en ce qui concerne la suspension magnétique on envisage d'utiliser un moteur synchrone linéaire pour la propulsion. On pense que ce type de moteur permettrait d'atteindre une vitesse de 300 miles à l'heure ce qui donnerait une durée de deux heures environ sur Montréal-Ottawa-Toronto. Avec ce moyen de transport on ne parlerait plus de pollution car le véhicule se déplacerait sur une sorte de voie surélevée en aluminium en ne donnant comme bruit que celui de la turbulence de la couche limite le long de ses parois. En outre, on pense que la neige qui pourrait s'accumuler sur la voie sera inévitablement soufflée par le véhicule au passage.

Le principe même du moteur synchrone linéaire est exploré par un groupe de chercheurs de l'Université de Toronto travaillant sur le banc d'essais de Queen's. Le moteur utilisera un ensemble d'électro-aimants supraconducteurs à polarité alternée sous le véhicule ce qui le maintiendra "lié" aux bobinages excités séquentiellement le long de la voie. La vitesse du véhicule sera déterminée par la fréquence du courant alternatif alimentant les bobinages de la voie. Un désavantage du système est le coût élevé de ces bobines; par contre le fait que l'énergie est fournie à la voie et non au véhicule présente un avantage. On évite ainsi d'avoir à se servir de pantographes comme dans le cas des locomotives électriques s'approvisionnant sur des câbles au-dessus des voies ou sur un rail auxiliaire et on élimine aussi la présence à bord de gros moteurs électriques. Au banc d'essais, les bobines de la voie tourneront avec la roue tandis que l'électro-aimant supraconducteur simulant le véhicule sera stationnaire. On pense que le coût de la construction de la voie à 20 pieds au-dessus du sol, par exemple, serait réduit du fait que les tolérances ne semblent pas aussi serrées que pour les véhicules à coussins d'air car la haute portance obtenue permettrait aux véhicules de se déplacer au-dessus des imperfections et des ondulations de la surface de la voie.

On va continuer les recherches sur la suspension magnétique et sur le moteur synchrone linéaire appliqués aux transports car il est nécessaire d'en explorer les différents aspects. Les chercheurs eux-mêmes espèrent que ce mode de transport pourra être en service au Canada vers 1990. □



- (A) Vehicle detector • Détecteur du véhicule
- (B) Aluminum guideway surface • "Rail" magnétique
- (C) Liquid helium storage container • Réservoir d'hélium liquide
- (D) Superconducting levitation magnets • Electro-aimants supraconducteurs (portance)
- (E) Magnet suspension system • Suspension des électro-aimants
- (F) Wheels for low speed suspension • Roues pour les faibles vitesses
- (G) Zinc air battery for passenger services • Accumulateurs zinc-air (service du bord).
- (H) Propulsion magnets (superconducting) • Electro-aimants supraconducteurs (propulsion).
- (I) Linear synchronous motor coils • Bobines du moteur synchrone linéaire.

Cross section of magnetically levitated vehicle and guideway.
Schéma transversal du véhicule à suspension magnétique.

New hope for Co Canada-France

Nouvel espoir pour Le télescope Can

With population and pollution rising rapidly, astronomers are finding it increasingly difficult to locate ideal sites for the establishment of optical telescopes. Atmospheric pollution and turbulence, both of which distort views through such telescopes, have rendered useless sites near densely populated areas.

A joint project among Canada, France and the University of Hawaii will see an optical telescope almost twice the diameter of any now in use in Canada erected atop an extinct volcanic mountain, rising almost 14,000 feet above sea level on the "big" island of Hawaii in the Pacific Ocean. It is expected the telescope will be in operation by 1978, and its estimated cost of \$20 million will be shared equally by Canada and France.

Canada's interest in the project began approximately two years ago, when it became known that France was looking for a partner to share the cost of the telescope. France had launched the project several years earlier, and some of that nation's leading astronomers had scanned the world for a suitable site, well removed from turbulence and its related problems but still with relative ease of access. Sites in such places as the Canary Islands and Mexico were examined, but Mauna Kea, as the Hawaiian mountain is called, was chosen as the best site. This choice was considered an excellent one by Canadian astronomers.

Participation by Canada in the project was approved by the Canadian government in May 1973. A memorandum of understanding was later signed in Ottawa by the National Research Council of Canada (NRC), the Centre National de la Recherche Scientifique of France (CNRS), and the University of Hawaii, allowing the project to move ahead. A tripartite agreement will supercede the memorandum and is now in final draft form.

A non-profit corporation encompassing the three groups as partners has been formed under enabling legislation in the State of Hawaii; it will supervise the construction of the telescope and be responsible for its operation. Provision has been made in the charter for a Board of Directors and a Scientific Advisory Council, which will advise on technical matters and later act as a committee dealing with allocation of observing time. This organizational structure is particularly advantageous from the Canadian standpoint as it will provide NRC with the opportunity to involve Canadian universities and the scientific community in general in direct participation and cooperation.

Dr. J.L. Locke, Chief of NRC's Astrophysics Branch is Secretary of the Board of Directors which is now guiding the project. Other Canadian members of the Board are Dr. W.M. Armstrong, Deputy President of the University of British Columbia; Dr. L. Kerwin, Rector of Laval University and Dr. D.A. MacRae, Chairman of the Department of Astronomy, University of Toronto.

"The project," says Dr. Locke, "will give Canadian astronomers the use of a telescope having four times the light gathering power of any existing Canadian telescope."

It has been agreed that Canada and France each will have 42.5 per cent of observing time and the University of Hawaii the remaining 15 per cent.

The mirror of the Mauna Kea telescope will be 144 inches in diameter, compared with one 72 inches in diameter at NRC's Dominion Astrophysical Observatory (DAO) in Victoria, British Columbia, and one with a 74-inch diameter at the University of Toronto's David Dunlap Observatory in Richmond Hill, near Toronto. The University of Hawaii, which is providing the site, access roads and support facilities, already has a telescope with an 88-inch diameter mirror on Mauna Kea.

The structure housing the telescope will rise 100 feet above the site and is designed to withstand winds which can reach up to 100 miles an hour on the mountain's summit. The name of the mountain means White Mountain, because of the snow which tips its peak during the Hawaiian winter



n astronomers—

Hawaii Telescope

ronomes canadiens

la-France-Hawaii



La population du globe et la pollution atmosphérique augmentant rapidement, les astronomes trouvent de plus en plus difficilement un site idéal lorsqu'ils veulent construire un télescope optique. La pollution et la turbulence peuvent, en effet, déformer les images au point que certains télescopes situés près de zones aujourd'hui très peuplées sont déjà devenus inutiles.

Grâce à un projet conjoint entre le Canada, la France et l'Université d'Hawaii, un télescope optique d'un diamètre double de celui du plus grand télescope canadien sera construit sur le sommet d'un volcan éteint de la grande île d'Hawaii à une altitude de 14 000 pieds. On pense que ce télescope sera en service dès 1978 et l'on estime que son coût, partagé également entre le Canada et la France, s'élèvera à 20 millions de dollars.

Le Canada a commencé à s'intéresser à ce projet il y a environ deux ans lorsque l'on a appris que la France cherchait un partenaire prêt à partager le coût du télescope. Depuis quelques années des astronomes français renommés cherchaient en effet, dans le monde entier, un site approprié sans turbulence mais toutefois d'accès relativement facile. Ils avaient étudié notamment des sites aux îles Canaries et au Mexique mais Mauna Kea, dans la grande île d'Hawaii, était considéré par eux comme le meilleur de tous et les astronomes canadiens étaient de leur avis.

Ainsi, nos astronomes auront la possibilité de se servir d'un télescope dont le miroir pourra recevoir quatre fois plus d'énergie lumineuse que celui du plus grand télescope canadien en service.

La participation du Canada a été approuvée par le gouvernement canadien en mai 1973 et un memorandum d'accord a été signé à Ottawa par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) pour la France et l'Université d'Hawaii de sorte qu'il est possible de commencer les travaux. Un accord tripartite en cours de rédaction remplacera le memorandum.

Une société sans but lucratif a été formée par les partenaires dans le cadre de la législation de l'État d'Hawaii; cette société surveillera la construction du télescope et sera responsable de son fonctionnement. Il est prévu que le Conseil d'administration sera assisté d'un Conseil scientifique consultatif pour les questions techniques et qui fera plus tard fonction de comité d'allocation des temps d'observations. Cette organisation est particulièrement avantageuse du point de vue canadien car le CNRC aura la possibilité, ainsi que les universités canadiennes et le monde scientifique en général, de participer directement aux travaux.

Le Dr J.L. Locke, Chef de la Direction d'astrophysique du CNRC, est le secrétaire du Conseil d'administration chargé de réaliser le projet. Les autres Canadiens membres du Conseil d'administration sont: le Dr W.M. Armstrong, Président adjoint de l'Université de Colombie britannique, le Dr L. Kerwin, Recteur de l'Université Laval et le Dr D.A. MacRae, Chef du Département d'astronomie de l'Université de Toronto.

On a été d'accord pour que le Canada et la France aient chacun 42.5% des temps d'observations, l'Université d'Hawaii disposant de 15%.

Le télescope du mont Mauna Kea aura un miroir de 144 pouces de diamètre alors que celui du télescope de l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, à Victoria, en Colombie britannique, n'a que 72 pouces de diamètre et que celui de l'Observatoire Dunlap, à Richmond Hill, près de Toronto, et qui appartient à l'Université de Toronto, n'a que 74 pouces de diamètre. L'Université d'Hawaii qui fournit le site, les routes d'accès et les installations de soutien a déjà un télescope mais il n'a que 88 pouces de diamètre.

La coupole protégeant le télescope aura 100 pieds de hauteur et elle devra résister à des vents de 100 miles à

telescope

The small model of a man provides perspective for the size of the optical telescope to be built atop a mountain in Hawaii through a cooperative venture involving Canada, France and the University of Hawaii. The telescope, with a 144-inch diameter mirror, is to be in operation by 1978. The model of the telescope does not show the 100-foot structure upon which the telescope will be mounted. •

Beneath the 100-foot diameter platform on which the telescope will be mounted, offices, laboratories and space for a computerized control system will be housed. Environmental concern will probably result in a decision to bury the upper section of a 750-kilowatt transmission line which the University will provide to the mountain top.

Work at the 14,000-foot level has posed problems for some scientists. Altitude sickness brought on by a lack of oxygen produces symptoms such as headaches, dizziness, nausea and extreme sleepiness. Bottles of oxygen are stored at the existing site for people who develop the sickness, which usually ends after two days at the summit. Astronomers also have reported a loss of mental alertness at that altitude. Some have estimated that tasks such as computer programming require 25 per cent more time than at sea level. However, evaluation papers on the situation have concluded that the problems associated with long-term work at the high altitude are minimal.

"During the last three years, many observing programs, often involving sophisticated electronic and computer software, have been carried out successfully (on Mauna Kea)," states one paper. "For most programs, any loss in mental speed is amply compensated by the superior observing conditions."

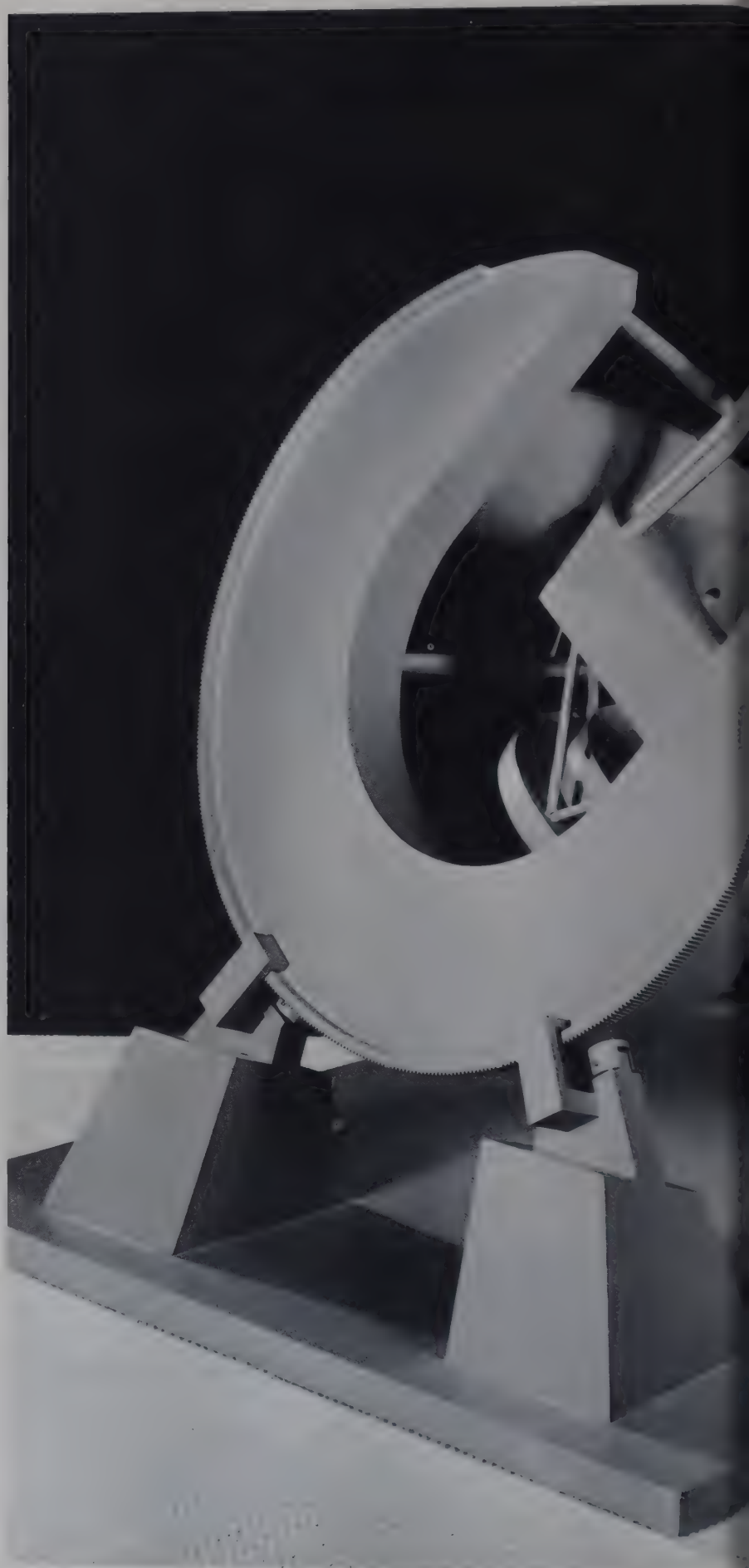
In addition to the facilities at the 13,800 foot level, another building at the 9,000 foot level will be provided by the University under the terms of the agreement. Dr. Richard Martineau, the NRC Special Projects Officer associated with the telescope program, explains that the mid-elevation facility will be used for study, eating and sleeping. (Low humidity dries nose and throat passages, making sleep difficult at the summit). A road links the mid-elevation facility to the nearest city of Hilo, which is about a 90-minute drive. A six-mile dirt road, which will soon be improved, winds up from the mid-elevation area to the peak.

The delicate mirror support system will be built in Canada, while the mechanical components of the telescope are the responsibility of France. The mirror blank for the telescope, which weighs about 14 tons, was recently shipped to Canada from France. Purchased for \$800,000, it is made of a special very low-expansion glass ceramic known as Cer-Vit. Grinding and polishing of its surface to the desired paraboloidal shape will be done at NRC's Dominion Astrophysical Observatory, one of the few places in the world capable of finishing such large mirrors. This precision operation, which requires accuracy to within a small fraction of the wavelength of light (one-millionth of an inch) is expected to take about three years.

The optical system will be the classical one which provides a prime focus that can be used directly, that is without correctors, so that the expected high optical quality of the primary mirror and the excellence of the site can be fully utilized. In addition, other smaller mirrors will enable the light to be directed down to large, modern spectrographs and other instruments to be located beneath the telescope platform.

The telescope will be able to observe the whole sky, with the exception of about 30 degrees near the South Pole. The site is expected to provide astronomers with 2,800 clear viewing hours annually. Because the atmosphere is so dry and so thin, Mauna Kea is also a near-ideal location for infrared observations.

"The telescope will help meet a long-standing need of Canadian astronomers to have access to a major telescope on one of the world's best observing sites," says Dr. Locke David Smithers.



Grâce à l'homme représenté sur cette maquette il est possible de se faire une idée des dimensions de la monture du télescope Canada-France-Hawaii, à miroir de 144 pouces de diamètre, qui doit entrer en service en 1978. Cette maquette ne comprend pas la structure de 100 pieds sur laquelle le télescope sera monté.

Le télescope ...



l'heure. Mauna Kea signifie "montagne blanche" du fait que ce volcan éteint est couvert de neige durant l'hiver hawaïen.

Sous la plate-forme de 100 pieds de diamètre sur laquelle reposera le télescope on installera les bureaux, les laboratoires et la télécommande programmée sur ordinateur. Pour des questions d'environnement, il est probable que la section supérieure d'une ligne électrique de 750 kilowatts, fournie par l'Université d'Hawaii pour alimenter le centre, sera enterrée.

De travailler à une altitude de 13 800 pieds a posé des problèmes pour certains scientifiques. Le manque d'oxygène donne le mal des montagnes dont les symptômes sont des maux de tête, des vertiges, des nausées et un besoin extrême de sommeil. Des bouteilles d'oxygène sont donc stockées sur le site mais, en général, on ne ressent plus le mal des montagnes après avoir passé deux jours sur ce sommet. Les astronomes ont également mentionné que l'effort intellectuel est plus difficile à cette altitude. Certains ont estimé que la programmation, par exemple, exige 25% de plus de temps qu'au niveau de la mer.

Cependant, une évaluation de la situation a montré que les problèmes inhérents aux travaux à long terme à haute altitude seront réduits au minimum.

En outre, l'Université d'Hawaii construira un bâtiment à 9 000 pieds d'altitude. Selon le Dr Richard Martineau, Chargé de projets spéciaux du CNRC et travaillant sur ce programme de construction du télescope, on trouvera dans ce bâtiment à mi-hauteur de quoi se loger, se nourrir et étudier.

Ce bâtiment, situé à mi-hauteur, servira aussi de dortoir parce que la sécheresse de l'air au sommet de la montagne assèche les fosses nasales et la gorge, ce qui rend le sommeil difficile. Il est relié par une route à Hilo, ville que l'on peut atteindre en 90 minutes en automobile. Il existe aussi une route non goudronnée de six miles de long jusqu'au sommet; cette route sera bientôt améliorée.

La structure supportant le miroir sera construite au Canada tandis que les composantes mécaniques du télescope seront construites par les Français. Le miroir de 800 000 dollars et pesant 14 tonnes est récemment arrivé de France; il est en verre céramique du type Cervit, c'est-à-dire à coefficient de dilatation très faible. Son surfaçage pour le rendre parabolique et son polissage se feront à l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, un des rares laboratoires au monde pouvant polir un si grand miroir. Ce travail exigeant une précision du millionième de pouce environ durera approximativement trois ans.

Le système optique sera classique, c'est-à-dire qu'il permettra d'avoir un foyer primaire ne nécessitant pas de corrections et ainsi de tirer le maximum de la haute qualité optique du miroir primaire et de l'excellence du site. En outre, d'autres miroirs plus petits permettront de diriger la lumière sur des spectrographes modernes et sur d'autres instruments se trouvant dans les locaux sous la plate-forme.

Ce télescope permettra d'observer tout le ciel à l'exception d'environ trente degrés près du pôle Sud. On pense que les astronomes pourront faire des observations en ciel clair pendant 2 800 heures par an. En raison de la faible densité de l'atmosphère à cette altitude et de la sécheresse de l'air, le Mauna Kea est aussi un lieu presque idéal pour faire les observations en infrarouge.

Le Dr Locke nous a dit: "Ce télescope permettra aux astronomes canadiens de pouvoir enfin travailler avec un instrument puissant sur l'un des meilleurs sites du monde".

Trend-setter in hybrid corn production

A company's dream of extending farm production of corn into climatically poor regions of Canada now has become a reality with assistance from the National Research Council of Canada under its Industrial Research Assistance Program (IRAP). A total of 32 hybrid corns, possessing features which make growth, maturity and good yield possible under normally adverse conditions, have so far been licensed for sale in Canada since 1966, when research began at Alex M. Stewart and Son Limited.

Farming on the commercial seed-producing company's property in Ailsa Craig, Ontario, 25 miles northwest of London, was begun more than 60 years ago by Alex M. Stewart, father of today's president. After selling pedigreed cereal grains (still a large part of the firm's business) in Ontario for 40 years and exporting for 25 years, emphasis shifted to corn, when it became evident that it would continue to be a dominant crop in Ontario. Ideas were formed for producing earlier maturing corns to better serve the shorter growing seasons of much of the province. Although the company has been in the corn business for only seven years, the firm now markets the earliest commercial hybrid corn in Canada; had the highest yielding corn tested in Ontario government trials last year; and

in the availability of some samples of hybrid varieties. Some were distributed to seed producers who then used the seed as the basis for increased production and ultimate sale for feed or industrial uses.

Mr. Stewart cites one example of his company's involvement in increasing government-developed cereal varieties before the company embarked on its own research and development program.

In 1960, Agriculture Canada released a new strain of oats called Russell. The Stewart company received two bushels under the government's distribution system. They were planted at Ailsa Craig in April, 1960 and had produced 158 bushels at harvest time in August. The company then took 150 bushels to Mexico that November and planted them at a nursery site. That crop yielded 14,078 bushels by May, 1961. That was then planted in Canada and by August, 1961 had yielded 758,000 bushels of seed oats.

"All that occurred in 16 months," says Mr. Stewart. But more than 100 other seed companies in Canada also could have been multiplying the government discovery at the same time.

Small quantities of the company's own hybrid corn were developed at Stewart's by the winter of 1965-66 and a nursery



John Stewart



because of its early start in hybrid corn production, has been a trend-setter in the field.

Assistance under IRAP, whose objective is to increase the calibre and scope of industrial research in situations where it leads to high business effectiveness and economic and/or social benefit to Canada, has totalled approximately \$180,000. The company itself has spent in excess of \$280,000 in pursuing its attainable dream. IRAP's objective is followed by extending financial support to approved research workers engaged in industrial research projects of high technical merit accompanied by prospects for a high return and good business plans for achieving success. The financial assistance covers salaries for scientific and technical staff. Alex M. Stewart and Son Limited has been operating with the help of NRC IRAP grants since 1971.

President John Stewart says: "We couldn't exist by multiplying publicly-produced cereals. The competition was too great. We had to start developing varieties of our own — something on which we could hold a patent to develop, sell and distribute exclusively."

Many seed producers were making use of government research in the field of hybrid corn varieties — simply a mating of two or more inbred lines with the aim of bringing out the most desirable qualities in each. The research, which strived to produce crop varieties which mature swiftly and give higher-than-average yields under poor climatic conditions, resulted

site was utilized in Jamaica to increase the stock. These first hybrids were developed from parent seeds grown by Agriculture Canada's research programs at Ottawa, Ontario, and Morden, Manitoba. It was these first hybrids that formed the basis of the 32 hybrid varieties which the company is now licensed to sell.

The winter growing program is continuing and, after abandoning some sites because of insect and disease problems, the company now maintains a permanent winter nursery in New Zealand.

Director of research for the company is George Jones, a fulltime professor for 20 years prior to 1971 at the University of Guelph and an expert in plant breeding and herbicides. Mr. Jones emphasizes that the objective of the company's research is the development of corn which surpasses existing varieties.

Corn is not specifically tuned to one type of soil and will flourish even in poor ground. A far more meaningful criterion for corn production is the heat unit. It is based on the daily number of degrees above daytime temperatures of 50 degrees Fahrenheit and night time temperatures of 40 degrees between normal planting date and the autumn date when frost can be expected. Thus, areas in far Southern Ontario surrounding cities such as Chatham and Windsor are the best corn-growing areas in the province, with between 3,500 and 3,700 heat units per year. The Ailsa Craig area has a heat-unit rating of about

Alex M. Stewart and Son, spécialiste du maïs hybride

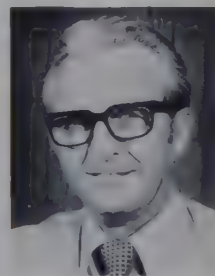
Grâce au Conseil national de recherches du Canada et à son programme d'aide à la recherche industrielle (PARI), une compagnie a enfin pu réaliser son rêve en parvenant à étendre la culture du maïs aux régions climatiquement défavorisées du Canada. C'est en 1966 que la compagnie Alex M. Stewart and Son Limited a entrepris des recherches qui ont conduit, à ce jour, à la commercialisation de 32 variétés de maïs hybride ayant un rendement satisfaisant dans des conditions habituellement défavorables.

M. Alex H. Stewart, père de l'actuel président, s'est lancé dans la production des semences il y a quelque soixante ans sur une propriété de la compagnie, située à Ailsa Craig, dans l'Ontario, à 25 miles au nord-ouest de London. Après avoir vendu en Ontario pendant plus de 40 ans et exporté pendant 25 ans des céréales sélectionnées qui constituent encore aujourd'hui une grosse partie de son chiffre d'affaires, la compagnie a fait porter ses efforts sur le maïs et en particulier sur des variétés précoces mieux adaptées aux conditions climatiques de la plus grande partie de la province lorsqu'il est apparu que cette céréale demeurerait la culture dominante en Ontario. Il ne lui aura fallu que sept années pour lancer sur le marché canadien le maïs hybride le plus précoce et des

moyenne dans des conditions climatiques défavorables ont permis d'obtenir quelques échantillons de variétés hybrides. Certains de ces échantillons ont été distribués aux producteurs de semences qui s'en sont ensuite servis comme base pour accroître leur production et finalement pour en faire des produits destinés à l'alimentation animale ou à des usages industriels.

M. Stewart nous cite maintenant un exemple de la participation de sa compagnie à l'augmentation du nombre des variétés de céréales dans le cadre de recherches gouvernementales avant que sa compagnie lance son propre programme de recherches et de développements:

En 1960, Agriculture Canada a lancé une nouvelle variété d'avoine appelée Russell dont la compagnie Stewart devait recevoir deux boisseaux dans le cadre d'un programme de distribution gouvernementale. Plantés en avril 1960, à Ailsa Craig, ces deux boisseaux en produisaient 158 au mois d'août. La compagnie en envoya alors 150 boisseaux au Mexique au mois de novembre pour les planter dans des terrains d'essais et c'est 14 078 boisseaux qui étaient récoltés au mois de mai 1961. Ces 14 078 boisseaux ont ensuite été plantés au Canada et devaient permettre la récolte, en août 1961, de 758 000



George Jones

essais faits l'année dernière par le gouvernement de l'Ontario ont montré que c'est l'une de ses variétés qui a donné le rendement le plus élevé. Cette compagnie ayant indiqué par ses travaux l'orientation à prendre, les autres n'ont fait que de la suivre.

Alex M. Stewart and Son Limited a bénéficié au total d'environ 180 000 dollars de subventions au titre de PARI dont l'objectif est d'accroître et de réhausser le calibre et la portée de la recherche industrielle dans les cas où elle conduit à un rendement commercial et à des bénéfices socio-économiques élevés. La compagnie a elle-même consacré plus de 280 000 dollars pour atteindre son objectif quoi qu'elle bénéficie de subventions PARI du CNRC depuis 1971 pour couvrir les salaires des scientifiques et des techniciens.

M. John Stewart, président de la compagnie, nous a dit: "Nous n'aurions pas pu résister à la concurrence si nous nous étions contentés de reproduire les semences couramment utilisées et c'est pourquoi nous avons créé nos propres variétés nous assurant l'exclusivité du développement, de la vente et de la distribution".

De nombreux producteurs de semences s'inspiraient des recherches faites par le gouvernement sur les différentes variétés de maïs hybride en croisant simplement plusieurs lignées parentes pour renforcer les caractéristiques les plus intéressantes. Les recherches qui visaient à obtenir des variétés à maturation rapide et à rendement supérieur à la

boisseaux de semences d'avoine.

"Ce résultat a été obtenu en 16 mois mais plus de 100 autres compétiteurs canadiens auraient pu de la même façon exploiter les résultats obtenus par les chercheurs gouvernementaux", nous a dit M. Stewart.

Au cours de l'hiver 1965-66, Stewart a produit de petites quantités de sa propre variété hybride et a utilisé un terrain d'essais à la Jamaïque pour accroître ses stocks. Les premiers hybrides ont été créés à partir de semences parentes produites dans le cadre des programmes de recherche d'Agriculture Canada, à Ottawa, dans l'Ontario, et à Morden, dans le Manitoba. Ce sont ces premiers hybrides qui ont constitué la base des 32 variétés que la compagnie vend actuellement.

Le programme de culture hivernale continue et après avoir abandonné certaines zones de culture par suite de problèmes causés par les insectes et les épiphyties, la compagnie utilise un terrain d'essais permanent d'hiver, en Nouvelle-Zélande.

Le Directeur des recherches est George Jones, expert en phylogénétique et en herbicides et qui a été professeur à plein temps à l'Université de Guelph de 1951 à 1971. Il a souligné que sa compagnie a choisi comme objectif la création de variétés de maïs supérieures aux autres.

Le maïs n'est pas tributaire d'un type de terrain particulier et l'on peut même le faire pousser dans des sols pauvres. Par contre, la chaleur est de loin le facteur le plus important. On

hybrid corn

2,900 while Eastern Ontario and most other areas of Canada have ratings as low as 2,100. The latter areas need a fast-growing and fast-maturing corn, and it is toward this end that the research staff at the Stewart company is working.

The results of the work on hybrid corns in terms of heat units also apply throughout the world. Work has involved corn for growing in Canada, Europe, Japan, Russia and the United States. One hybrid developed by the company matures in only 2,400 heat units and Mr. Jones is confident that he has the genetic material to further reduce heat-unit requirements.

The fruits of the company's research are stored in a fire-proof vault at Ailsa Craig. They are extremely valuable in that they not only represent the harvest from past research endeavors in cross-breeding, but also the basis for future work.

Researchers make the choice of which parent seed to cross-breed with another, most of which are themselves the product of extensive cross-breeding and in-breeding. Each possesses different qualities in addition to the necessities for a good corn — swift maturity and development, resistance to damage by mechanized harvesting, resistance to disease, high yield and uniform kernel size.

Once the choice is made from the limited supply of stock seed, some of each chosen seed is taken to individual and isolated nursery sites at Stewart Research Acres, covering more than 200 acres near the seed processing site. They are planted and left to mature, free to cross pollinate because they are each genetically identical. The seeds, known as the stock, are then harvested.

Seed A, for example, from one of the isolated sites is then planted to become the female part of the hybrid being produced. Seed B from the other site is planted alongside it. As the A plants mature, a careful watch must be kept for the appearance of the tassel, or male part of the plant. As soon as it is visible, workers must pluck it out to prevent pollination from plant A to plant B. The plants are then left to mature, with the male pollen from plant B fertilizing plant A and producing the hybrid seeds. It is these seeds that are sold to farmers for production. The secret of the parents used in the production of the hybrid remain with the Stewart company.

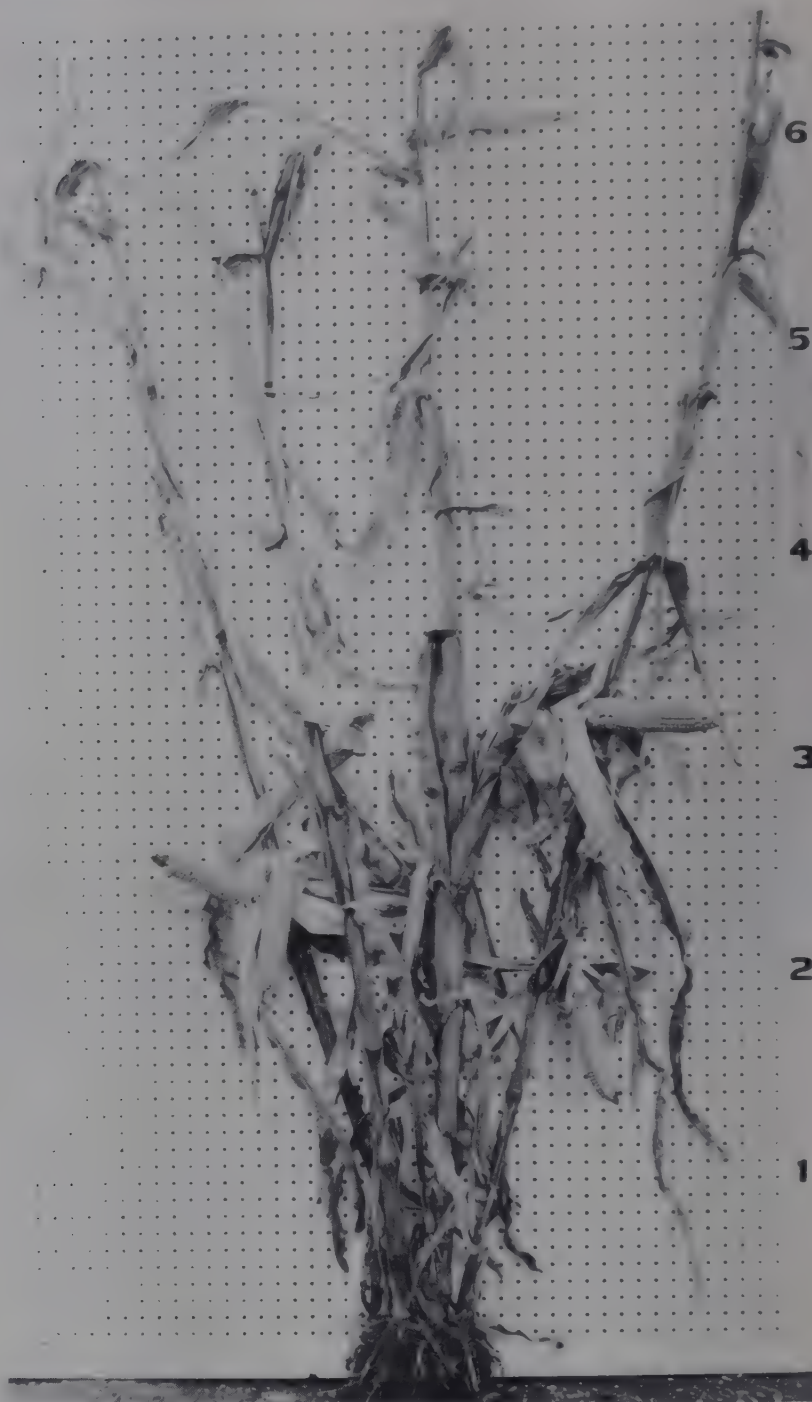
Each year, the company produces and tests between 800 and 1,000 new hybrids.

"From this, we expect to have two or three become commercial," says Mr. Stewart. "It should be evident that we have a tough testing system in our own research program to cull out so many hybrids."

Once a hybrid has passed this testing program, it must be entered into government trials for ultimate testing and licensing. Each province in Canada has its own testing program and Stewart hybrids must pass each set of standards before they are recommended for farm use.

If the hybrid is recommended by the provincial committee, it will then be granted a licence by Agriculture Canada. The Canadian Seed Growers' Association (CSGA) then maintains the pedigree. Thus, when a company licenses a hybrid, it has in effect the patent right to produce that particular genetic material. Hybrid seed corn in Canada is produced under very strict regulations, with each company submitting field plans to the CSGA, advising it of the actual hybrid being produced and the size and exact location of the field. Inspectors of the federal government then visit the field four to six times during the detasseling period to ensure that the crosses are being properly made.

One result of cross-breeding strains of corn at the Alex M. Stewart and Son Limited research farm in Southern Ontario has been the development of this new style of plant. Instead of the traditional single stem-bearing cobs, as many as four tillers (stems) grow from a single root system. Each tiller produces cobs, boosting the yield. • Le croisement de plusieurs variétés de maïs à la ferme expérimentale de la compagnie, dans le sud ontarien, a conduit à ce nouveau "modèle" de plante. Au lieu d'une tige unique on peut avoir jusqu'à quatre tiges par pied, chacune portant plusieurs épis, ce qui augmente le rendement.



The company also has moved into private plant-breeding of barley, using an entirely new technique. This method of mass producing new strains of barley permits one person to grow 400 to 600 varieties in a month. It can speed up the process of putting a variety into the marketplace by cutting the total elapsed production time from 12 to 15 years to five or six years. Another NRC Industrial Research Assistance grant has been given to pay the salaries of research staff involved in the barley project, which is expected to last about five years.

"This project also involves a world-wide testing program for us," says Mr. Stewart. "What we are trying to do is make private plant-breeding a success in Canada, and we're sure we can do it." □

David Smithers

Corn produced from a hybrid variety at the Alex M. Stewart and Son Limited farm in Ailsa Craig, Ontario. This strain was developed, with financial assistance from NRC's Industrial Research Assistance Program, in a successful attempt to create uniform kernel size. • Épi de maïs à grains de dimensions uniformes obtenu en partant d'une variété hybride, à Ailsa Craig, dans l'Ontario, par la compagnie qui a bénéficié d'une aide financière du CNRC au titre de son Programme d'aide à la recherche industrielle.

... le maïs hybride



l'évalue en degrés "journaliers" au-dessus de 50°F le jour et de 40°F la nuit jusqu'aux premières gelées. Ainsi, les régions situées dans l'extrême sud de l'Ontario et ceinturant des villes comme Chatham et Windsor sont considérées comme les meilleures zones de culture de la province avec un nombre annuel de 3 500 à 3 700 degrés "journaliers". Ce nombre est de 2 900 pour la région de Ailsa Craig et peut ne pas dépasser 2 100 dans l'est de l'Ontario et la plupart des autres régions du Canada. Il est donc nécessaire de disposer pour ces régions d'un maïs à développement et à maturité rapides et c'est dans ce sens que Stewart a orienté ses recherches.

Les résultats de ces travaux intéressent le monde entier puisqu'on travaille sur des variétés de maïs destinées au Canada, à l'Europe, au Japon, à la Russie et aux États-Unis. La compagnie a créé une variété qui ne nécessite que 2 400 degrés "journaliers" pour arriver à maturité et M. Jones pense avoir le matériau génétique nécessaire pour obtenir des résultats encore meilleurs.

Les semences qui sont le fruit des recherches de la compagnie sont stockées dans un entrepôt ignifugé, à Ailsa Craig. Elles ont une valeur considérable en ce sens qu'elles représentent non seulement le résultat des recherches passées sur les croisements mais également la base des travaux futurs.

Ce sont les chercheurs qui décident quelles semences mères doivent être croisées avec d'autres, ces semences étant elles-mêmes pour la plupart le produit d'autofécondations et de croisements entre lignées parentes. Chacune d'elles possède des qualités différentes s'ajoutant aux caractéristiques que doit présenter un bon maïs, c'est-à-dire une maturation et un

développement rapides, une bonne résistance aux épiphyties et aux chocs inhérents aux machines agricoles, avoir des graines de dimensions uniformes et un rendement élevé.

Après avoir choisi un type de semence dont on ne dispose que d'une quantité limitée mais que l'on souhaite avoir en grande quantité on utilise les lots isolés d'un terrain d'environ 200 acres servant aux essais de la compagnie Stewart pour la reproduction.

La semence A, par exemple, provenant de l'un des lots isolés est ensuite plantée pour devenir l'élément femelle de l'hybride que l'on cherche à créer. La semence B de l'autre lot est plantée juste à côté. Pendant que la semence A se développe, on doit surveiller étroitement l'apparition de la fleur mâle du maïs. Dès que celle-ci apparaît, on l'arrache pour prévenir la pollinisation de la plante B par la plante A. On laisse ensuite les plantes arriver à maturité, le pollen mâle de la plante B fertilisant la plante A et produisant les semences hybrides. Ce sont ces semences que l'on vend aux agriculteurs pour les cultures. Les souches parentes ayant servi à la création de l'hybride sont gardées secrètes par la compagnie Stewart qui produit et teste chaque année de 800 à 1 000 nouveaux hybrides.

"Le fait que sur ce nombre seulement deux ou trois de ces hybrides soient commercialisés témoignent de la sévérité de nos normes", nous a dit M. Stewart.

Après avoir subi avec succès notre série d'essais, un hybride doit encore satisfaire à ceux du gouvernement pour être homologué. Chaque province canadienne a son propre programme d'essais et les hybrides Stewart doivent subir une série d'essais avant d'être homologués pour utilisation agricole.

Si l'hybride en question est homologué par le comité provincial, il reçoit une licence d'Agriculture Canada. La "Canadian Seed Growers Association" (CSGA) veille ensuite à la conservation de ses caractéristiques généalogiques. Ainsi, lorsqu'une compagnie accorde une licence pour un hybride, elle donne en fait l'autorisation de produire ce matériau génétique particulier. Au Canada, la production de semences de maïs hybride est soumise à un contrôle très sévère, chaque compagnie devant présenter les plans de leurs champs de culture à la CSGA en précisant le type d'hybride qui sera cultivé ainsi que la dimension et l'emplacement exact du champ. Des inspecteurs du gouvernement fédéral visiteront ensuite le champ à quatre ou six reprises au cours de la période de suppression des fleurs mâles du maïs pour s'assurer que les croisements sont faits correctement.

La compagnie s'est également lancée dans la sélection de l'orge en se servant d'une technique entièrement nouvelle. Cette méthode de production massive de nouvelles souches d'orge permet à une seule personne d'obtenir de 400 à 600 variétés en un seul mois. Il est ainsi possible de réduire le temps nécessaire à la commercialisation d'une variété donnée puisqu'il n'est plus que de quatre à six années au lieu de douze à quinze ans. La compagnie a obtenu une autre subvention PARI du CNRC qui couvrira les salaires des scientifiques attachés à un programme de recherches sur l'orge qui doit durer environ cinq ans.

M. Stewart nous a dit pour conclure: "Ce programme implique également pour nous des essais à l'échelle mondiale. Ce que nous essayons d'obtenir, c'est de démontrer qu'une compagnie privée peut réussir au Canada dans le domaine de la production de semences et nous sommes sûrs d'y parvenir".

Prototype partnership

The first working electron microscope to be built in North America was put together in Toronto in 1939. It received a great deal of scientific acclaim and was extensively publicized. Yet, in the space of a couple of years, one of its principal creators, James Hillier, was out of the country and working for RCA Corporation of the United States. His new employer would, in one year alone, sell \$40,000,000 worth of his instruments.

Today, James Hillier is executive vice-president of RCA and director of the company's David Sarnoff research laboratories in Princeton, New Jersey. In retrospect it has been estimated that a mere \$10,000 a year would have been enough to keep Hillier and his instrument Canadian — with consequent scientific, industrial and technological profit to this nation.

History began showing signs of doing a repeat in the 1970s. Scientists with the federal Communications Department had developed a new scanning electron microscope that, in effect, reduced a roomful of electron optical instrumentation to a desk-size instrument. David Shaw and Wayne Leuss and others of the Department's Communications Research Centre (CRC) in Ottawa found ways to take the standard four-foot long electron optic column and reduce it to the size of a whiskey bottle, giving their instrument unique portability features while maintaining performance characteristics.

This development discovery led directly from their work at CRC. There, scanning electron microscopes (SEMs) were used routinely as an inspecting device to locate flaws in electronic units being built into Canada's communication satellites. SEMs with a depth of focus about two orders of magnitude greater than optical instruments provided not only topographical information of the material studied but also extracted information on its chemical nature as well.

In short order the CRC work reached patenting stage. Canadian Patents and Development Limited, a National Research Council of Canada subsidiary with responsibility for the patenting and licensing of government inventions, started the search for someone to handle manufacturing and marketing of this new SEM.

Dr. Reginald Webb, a British-born chemist, was quick to see the industrial potential of the new instrument, anticipating its widespread use in the medical and biological research fields as well as its use in electronics. Chosen by CPDL in 1971 to be the licensee, he saw his early hopes for attracting Canadian venture capital founder on the same rocks that scuppered James Hillier — total Canadian entrepreneurial disinterest.

"I wore out two pairs of shoes walking up and down Bay Street trying to interest the venture capitalists in a Canadian invention," he likes to say, adding that in his opinion these venture capitalists "don't provide capital and they don't venture."

Money for production came eventually from outside Canada. Carl Zeiss, for 163 years a giant of the world optics industry, picked up a 49 per cent interest in SEMCO to become a minority partner with Dr. Webb. Zeiss agreed to handle the worldwide sales distribution of the instrument. The choice of Zeiss is particularly suitable since it has the necessary maintenance capability needed in such a venture.

The SEMCO plant operation now involves some 35 people, primarily concerned with assembling the company's Novascan as they have named their scanning electron microscope. The first, delivered to Zeiss last December, operated perfectly the first time it was tested. Two more will be sent to Zeiss as

demonstrators. Another is destined for the corrosion laboratory of NRC's Division of Chemistry.

The initial instrument is expected to sell for about \$40,000. SEMCO is designing a costlier second instrument with higher resolution and a simpler third version that will sell for about \$10,000 and is aimed at the high school and medical laboratory markets. Ninety per cent of the parts are made in Canada. For example, the precision machining requiring tolerance of up to one part in a million is being done by Preci-tools Ltd. in Montreal.

In the process of organization that brought in Zeiss, Dr. Webb and CPDL appear to have broken new ground in the field of technology transfer from government to industry — and may have saved an industry.

Where government departments originally give a package of technology to CPDL for licensing, SEMCO and CPDL persuaded the Communications Department that this was a case where technology could not be transferred without transferring brains along with it. Two of the CRC scientists were transferred to CPDL who in turn transferred them to SEMCO. It was a precedent maker for transfer of a big high technology project from a government lab to industry.

Eight other CRC staffers involved in the SEM work with Communications were later to be formed into a group that was provided with laboratory space in NRC laboratories and paid from a grant from NRC's Industrial Research Assistance Program. Under terms of a five-year agreement, this group will function as the research arm for SEMCO. It will cooperate with NRC staff in related research areas, involving high vacuum techniques and electron beam deflection techniques such as may be applied to the use of electron beams for scanning purposes. All patentable results become the property of NRC with SEMCO to have first offer of license.

The need for such an arrangement is financial, according to Dr. Donald Cox, who heads the research team that moved



Dr. Donald Cox, SEMCO's Research Director, examines a part of the secondary electron detector. • Le Dr Donald Cox, Directeur de la recherche chez SEMCO, examine une composante du détecteur électronique secondaire.

La SEMCO et le CNRC

Une association heureuse

Le premier microscope électronique construit en Amérique du Nord a été assemblé à Toronto en 1939. A l'époque, on en a beaucoup parlé surtout dans le monde scientifique. Toutefois, à peine deux ans plus tard, l'un de ses principaux créateurs, James Hillier, avait quitté le Canada et travaillait aux États-Unis pour la "RCA Corporation". Son nouvel employeur allait, en une seule année, vendre pour plus de 40 000 000 de dollars de microscopes électroniques.

Aujourd'hui, James Hillier est vice-président exécutif de la RCA et directeur des Laboratoires de recherche David Sarnoff de cette compagnie, à Princeton, dans le New Jersey. Aujourd'hui, on estime que si l'on avait accepté de dépenser 10 000 dollars par an Hillier et son instrument seraient demeurés canadiens avec, comme conséquence, les avantages scientifiques, technologiques et industriels correspondants.

L'histoire a failli se répéter après 1970 lorsque des scientifiques du Ministère fédéral des communications ont mis au point un nouveau microscope électronique à balayage dont l'encombrement était réduit du volume d'une pièce à celui d'une commode. En effet, les docteurs David Shaw et Wayne Leuss et leurs collaborateurs, du Centre des recherches sur les communications, à Ottawa, ont trouvé le moyen de réduire la colonne optique électronique de quatre pieds de long à la hauteur d'une bouteille de whisky tout en gardant les performances de l'appareil.

C'est le résultat direct de leurs travaux au Centre des recherches sur les communications où l'on se servait de microscopes électroniques à balayage systématiquement pour inspecter des composantes électroniques devant être incorporées dans les satellites canadiens de communications. Le microscope électronique à balayage a une profondeur de champ d'environ cent fois celle des microscopes optiques et il permet non seulement d'examiner les matériaux sur le plan topographique mais aussi de déterminer leur nature du point de vue chimique.

En fin de compte, on en est arrivé au point de breveter l'appareil et la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE), filiale du Conseil national de recherches du Canada, ayant la responsabilité de prendre des brevets et d'accorder des licences concernant des inventions faites dans les laboratoires de l'État, s'est mise à la recherche d'une compagnie qui pourrait fabriquer et vendre ce nouveau microscope électronique à balayage.

Le Dr Reginald Webb, chimiste né en Grande-Bretagne, s'est tout de suite rendu compte du potentiel industriel de ce nouvel instrument surtout dans le domaine des recherches biologiques et médicales et aussi de l'électronique. La SCBE l'a choisi en 1971 comme licencié mais, comme dans le cas de James Hillier, le Dr Reginald Webb a découvert que les entreprises canadiennes se désintéressaient totalement de l'exploitation du nouveau microscope.

Il nous a dit: "J'ai usé deux paires de chaussures dans Bay Street en essayant d'intéresser des financiers, acceptant un certain risque, à l'exploitation de cette invention canadienne mais ces financiers ne financent rien et ne se risquent en rien".

Les fonds nécessaires pour lancer la production sont éventuellement venus de l'extérieur et Carl Zeiss, un des géants du monde de l'optique industrielle depuis 163 ans, a acheté 49% des actions de la SEMCO de sorte qu'il est un associé minoritaire du Dr Webb. Zeiss a accepté de s'occuper

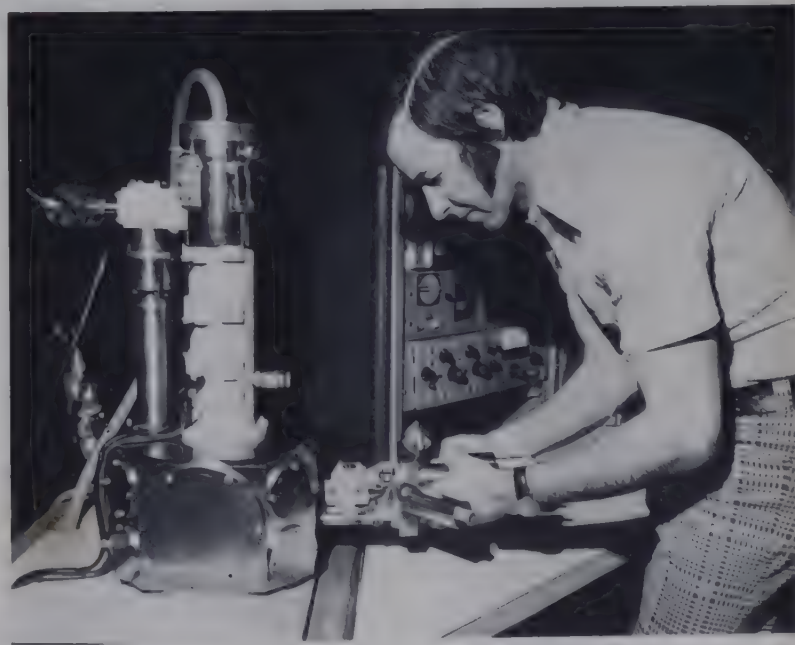
de la vente de cet instrument dans le monde entier. D'avoir choisi la compagnie Zeiss est particulièrement intéressant puisqu'elle dispose de tout ce qu'il faut pour l'entretien des instruments de ce type.

Maintenant, la SEMCO utilise les services de 35 personnes surtout affectées au montage du Novascan, c'est-à-dire de ce microscope électronique à balayage. Le premier exemplaire, livré à Zeiss en décembre dernier a fonctionné à la perfection dès le premier essai. Deux autres seront envoyés chez Zeiss pour les démonstrations et un autre doit être attribué au laboratoire de lutte contre la corrosion de la Division de chimie du CNRC.

L'instrument initial devrait pouvoir se vendre 40 000 dollars environ. La SEMCO est en train d'en construire un autre qui sera plus coûteux mais dont la résolution sera plus grande; elle en construit également une version simplifiée qui devrait se vendre 10 000 dollars seulement environ et qui vise les laboratoires médicaux et les écoles secondaires. Quatre-vingt-dix pour cent des pièces sont faites au Canada et c'est ainsi que la compagnie Preci-tools Ltd., de Montréal, fait l'usinage de précision dont les tolérances peuvent atteindre le millionième.

Au cours de l'organisation qui a amené Zeiss dans l'entreprise, le Dr Webb et la SCBE semblent être entrés dans une phase nouvelle du transfert d'une technique, mise au point par un laboratoire de l'État, dans un établissement industriel ce qui a eu peut-être pour effet de sauver une industrie.

Alors que les ministères fédéraux donnent habituellement à la SCBE des connaissances technologiques à breveter et en vue d'accorder des licences, la SEMCO et la SCBE ont cette fois persuadé le Ministère des communications qu'ils avaient à régler dans le cas présent un transfert de technologie ne pouvant se faire sans, en même temps, transférer les scientifiques et les ingénieurs ayant travaillé sur cet instrument. Deux des scientifiques du Centre des recherches sur les communications ont été transférés à la SCBE qui, à son tour, les a trans-



J.A. Bingham, research technologist, adjusts a specimen in the scanning electron microscope. • M. J.A. Bingham, ingénieur de recherche, place un échantillon dans le microscope.

into NRC's Radio and Electrical Engineering Division last October.

"In the beginning, SEMCO was too small to support us and the CRC said their terms of reference didn't allow us to do such electron development work."

For NRC the agreement with SEMCO extends the many forms of cooperation in industrial research provided by NRC. These include shared-cost projects, industrial fellowships and the use by companies of special NRC facilities. The immediate benefit to NRC is that the SEMCO agreement will give NRC first-hand information on how the transfer of technology from government laboratories to the private sector can be improved. Such a transfer process is already under way and NRC may complete similar arrangements with other firms based on this initial arrangement.

The venture with SEMCO was arrived at because the criteria for selection were such as to ensure a high probability of success. SEMCO had experience in the acquisition of know-how from a government laboratory. It was located in Ottawa so that contacts could remain close and it had a marketing arrangement with a company such as Zeiss which could ensure rapid penetration of world markets.

The SEMCO operation within the walls of NRC's Radio and Electrical Engineering Division is essentially a self-contained operation. They occupy five laboratory modules adjacent to the Division's Electron Physics Section. They compete on an equal basis with other divisional sections for shared facilities such as the machine shops, drafting staff, computer facilities and are given access to certain other supplies.

A seminar program is run jointly by the SEMCO team, the Electron Physics Section and the Corrosion Section of NRC's Division of Chemistry so that each group can be kept abreast of new developments in the field of surface science.

"Essentially, the idea behind this five-year program was to put the groups together, not to work immediately on some specific project but, instead, to see what would develop," says Dr. J.P. Hobson, of the Electron Physics Section and the liaison officer between SEMCO and NRC. "It appears everybody concerned is settling in nicely now after an initial period of adjustment."

A consulting form of cooperation exists between the Division of Chemistry's Corrosion Section and the group under Dr. Cox.

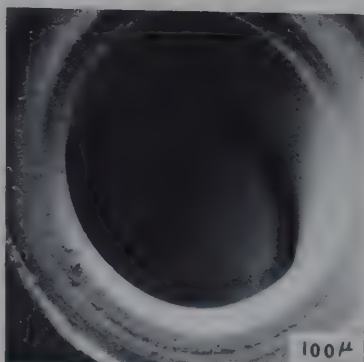
This section is planning to explore new applications of the SEM in the area of gas absorption and thin film oxidation phenomena.

"One result of this work was that we were able to act as consultants with Dr. Cox' group on plating failure during design of the SEMCO column," recalls Dr. Peter Sewell.

His laboratory was also able to be of assistance with the SEMCO work on new electron sources. SEMCO was doing development work with lanthanum hexaboride and the Corrosion Laboratory was able to assist them on the metallurgical properties and machineability of this novel electron source material.

"SEMCO had a problem and we knew of a group within the Division of Chemistry doing work with lanthanum compounds so we were able to put SEMCO in touch with experimental results that would have taken them a long time to achieve otherwise. It's this kind of scientific cross-fertilization that the SEMCO-NRC arrangement is designed to foster," says Dr. Sewell.

Arthur Mantell



These micrographs show meter pivots from Bach-Simpson Ltd. of London, Ontario. Meter movements using these pivots showed a tendency to stick. Corrosion on the steel point (upper left) was found to be a contributing factor. The ruby insert bearing in the threaded brass rod (lower micrographs) shows no wear marks or irregularities.

• Micrographies de pivots de compteurs de la Bach-Simpson Ltd., de London, dans l'Ontario. On a trouvé que la corrosion de la pointe en acier (en haut, à gauche) était à l'origine d'un grippage du mouvement comportant ces pivots. Le roulement, porteur d'un rubis, dans la tige de laiton fileté (micrographies du bas) ne porte aucune trace d'usure et l'on n'y voit pas d'irrégularités.

férés à la SEMCO. C'est là une action qui pourra servir de précédent pour le transfert de grands projets technologiques des laboratoires du gouvernement dans l'industrie.

Huit autres membres du Centre des recherches sur les communications ayant travaillé sur ce microscope ont plus tard été constitués en un groupe travaillant dans les laboratoires du CNRC et que l'on a payé à l'aide d'une subvention au titre du programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC. Selon un accord de cinq ans, ce groupe fera des recherches pour la SEMCO. Il coopérera avec les chercheurs du CNRC dans les domaines connexes de l'ultra-vide et de la déflexion des faisceaux électroniques appliquée aux balayages. Tous les brevets qui pourraient être pris à la suite d'inventions seront la propriété du CNRC mais la SEMCO aura le privilège du premier choix en matière de licences.

Selon le Dr Donald Cox, un tel arrangement est nécessaire sur le plan financier; le Dr Cox est le chef de l'équipe de recherches qui est venue en octobre dernier s'installer dans la Division de génie électrique du CNRC. Il nous a dit: "Au début, la SEMCO était une compagnie trop petite pour nous aider sur le plan financier et le Centre des recherches sur les communications considérait qu'elle ne pourrait se livrer à des développements de cet ordre en électronique".

Le CNRC considère que l'accord avec la SEMCO est une des nombreuses formes de sa coopération avec l'industrie. Ces formes couvrent les projets à coûts partagés, les bourses de recherche industrielle et l'utilisation des installations spéciales du CNRC par les compagnies. Comme avantage immédiat, le CNRC obtiendra des informations de premier ordre sur la manière de mieux transférer la technologie des laboratoires du gouvernement dans le secteur privé. Ce transfert est déjà en cours et le CNRC peut conclure des accords semblables avec d'autres firmes.

Cette entreprise avec la SEMCO a été lancée du fait que les critères de sélection ont incité à penser que l'entreprise réussirait, la SEMCO ayant démontré qu'elle pouvait exploiter les travaux de laboratoire; d'autre part, cette compagnie se trouve à Ottawa de sorte que les contacts sont étroits; enfin, elle s'était associée avec la puissante compagnie Zeiss ce qui assurerait la pénétration rapide des marchés mondiaux.

La SEMCO est autonome au sein de la Division de génie électrique du CNRC. Elle occupe cinq modules adjacents à la section de physique électronique et elle est sur un pied d'égalité pour partager avec les autres sections des installations et des machines comme celles que l'on trouve dans les ateliers, les bureaux de dessin et le centre de calcul.

Des séminaires sont organisés conjointement par l'équipe de la SEMCO, par la section de physique électronique et par la section de lutte contre la corrosion de la Division de chimie de manière que tous les chercheurs de ces groupes puissent se tenir au courant des progrès accomplis dans l'étude des surfaces.

Selon le Dr J.P. Hobson, de la section de physique électronique et ingénieur de liaison entre la SEMCO et le CNRC, il s'agissait essentiellement en mettant ce plan de travail de cinq ans sur pied de grouper ces chercheurs, non pas pour travailler immédiatement sur un projet bien défini, mais plutôt pour étudier ce que ce travail en équipe pourrait donner; il a dit: "Il semble que chacun s'est bien habitué à ce travail en collaboration étroite, la période de rodage étant terminée".

La coopération sous forme de consultations existe égale-



ment entre les chercheurs du laboratoire de lutte contre la corrosion de la Division de chimie et le groupe dirigé par le Dr Cox.

Dans ce laboratoire, on envisage d'explorer de nouvelles applications du microscope électronique à balayage aux domaines de l'adsorption des gaz et de l'oxydation de films minces.

"Le résultat de ces travaux a été que nous avons pu agir en conseiller avec le groupe du Dr Cox au sujet de ruptures de revêtements plaqués durant l'étude de la colonne SEMCO", nous a dit le Dr Peter Sewell. Son laboratoire a pu également aider la SEMCO lors de recherches sur de nouvelles sources électroniques. La SEMCO travaillait avec de l'hexaborure de lanthane et le Laboratoire de lutte contre la corrosion a pu l'aider au sujet des propriétés métallurgiques et d'usinage de ce nouveau matériau pour sources électroniques. Le Dr Sewell nous a dit: "La SEMCO avait des difficultés et nous savions qu'il existait un groupe à la Division de chimie qui travaillait sur les composés du lanthane de sorte que nous avons pu faire gagner bien du temps à la SEMCO en lui communiquant des résultats expérimentaux. C'est là le type de coopération scientifique que l'accord entre le CNRC et la SEMCO a pour but d'encourager".

Small, reliable and inexpensive— Pulse Rate Monitor

Whether it be to assure the panting jogger that his efforts are doing him good or to advise the surgeon of a patient's wellbeing, the pulse rate serves an important role. The mere placing of a finger on a suitable part of the body, such as the wrist, has been sufficient to monitor an individual's heart beat.

But the jogger does not want to break his pace to measure his heart beat and a nurse often cannot interrupt a surgical operation to perform the task. In some cases, a pulse is so weak that it is impossible to measure the pulse rate by sensing with a finger and mechanical equipment must be used to accurately obtain it. Electrocardiographs are frequently used for this purpose in hospital operating rooms.

However, there has been a pressing need for a smaller and more simple electronic device to fulfill the same function — automatic, accurate and simple measurement of the heart beat.

Research conducted in the Radio and Electrical Engineering Division of the National Research Council of Canada has resulted in the development of just such a device. Inexpensive, accurate, small and almost indestructible, the pulse rate monitor was developed by O.Z. Roy and R.W. Wehnert. It soon generated interest from a Canadian electronics firm, and arrangements have been made for it to be manufactured under a licence issued by Canadian Patents and Development Limited, the Crown agency responsible for patenting and licensing the manufacture of inventions developed in government laboratories and other organizations including universities, colleges, provincial research councils and hospitals.

Production of the pulse rate monitor has already started at the Winnipeg plant of Harco Electronics Limited, a wholly-owned Canadian company which develops, manufactures and markets a variety of medical electronic monitoring devices. Twenty-five of the pulse rate units were sold a short time after manufacture. The sales were mainly in the health-care field. The St. Boniface Hospital in Winnipeg first purchased one and a short time later ordered four more. Another unit is undergoing assessment at the Ottawa Civic Hospital. Others have been sold to hospitals in the United States, Mexico and Venezuela.

"An Ottawa cardiologist first interested us in a pulse meter," says Mr. Roy. "He had approached us for a portable and low-cost meter to follow the heart rates of his patients during exercise therapy. We looked at what was available and felt that a simpler, more effective device could be built at a lesser cost."

In other pulse rate meters, the "sensor" has been a complex transducer placed on a sensitive part of the body. These transducers were obtained from suppliers at medical grade prices. The NRC researchers found that identical results could be obtained from a simple, rugged, less expensive and less complex transducer.

This transducer contains a very flexible diaphragm about one-hundredth of an inch thick. When the diaphragm is placed in contact with a person's skin, the pulse moves the diaphragm. This in turn produces a signal by the process of magnetic induction. The rate of the signal is converted by a tiny integrated circuit to minute voltages, measured in millivolts. The voltage then activates the actual meter.

For use in hospital operating rooms, the signals from the initial NRC development could be made to activate a buzzer or light bulb, simulating the heart beat.

The NRC-developed meter essentially consists of two components: the sensor and the case housing the meter and electronic circuitry. The sensor is contained within a Velcro



NRC's small, lightweight and relatively inexpensive pulse rate monitor was developed for hospital use but is expected to be used by joggers and other health-conscious individuals. • Bien qu'il ait été mis au point pour les hôpitaux, le pulsomètre du CNRC, léger et relativement peu coûteux, servira éventuellement aux sportifs et aux personnes désirant contrôler leur condition physique.

strap, which can be wrapped around the upper part of a finger or thumb, with the diaphragm flush to the skin.

The meter indicates the average or instantaneous heart rates in beats per minute. The circuitry developed for this type of readout is much simpler than that of previous ratemeters, contains fewer components and consequently is less expensive to produce.

Harco Electronics, a company formed seven years ago, developed the device from the NRC model stage to a market-

Petit, fiable et peu coûteux, le pulsomètre cardiaque

Qu'il s'agisse pour le coureur haletant de s'assurer que son effort porte ses fruits ou pour le chirurgien de connaître l'état du malade qu'il va opérer, la prise du pouls donne une indication importante qu'il est facile d'obtenir puisqu'il suffit de poser un doigt sur un point accessible du corps, généralement le poignet.

Mais le sportif à l'entraînement ne veut pas s'arrêter pour mesurer son pouls et l'infirmière ne peut que rarement interrompre une opération. Dans certains cas, le pouls est si faible qu'il est impossible de le prendre à la main et il faut alors avoir recours à un instrument comme l'électrocardiographe qui est fréquemment utilisé dans les salles d'opérations.

Il est toutefois devenu urgent de disposer d'un appareil électronique plus petit et plus simple qui puisse remplir la même fonction automatiquement et avec précision.

Des recherches entreprises dans ce sens à la Division de génie électrique du Conseil national de recherches du Canada ont conduit précisément à la mise au point de cet instrument. Peu coûteux, précis, compact et presque indestructible, le pulsomètre cardiaque est l'oeuvre de MM. O.Z. Roy et R.W. Wehnert. L'instrument devait rapidement susciter l'intérêt d'une firme canadienne d'électronique et un accord a été signé pour que cette compagnie le construise sous licence accordée par la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée, organisme de la Couronne chargé de prendre des brevets et de délivrer des licences pour des inventions mises au point dans les laboratoires de l'Etat ou d'autres organismes dont les universités, les collèges, les centres de recherches provinciaux et les hôpitaux.

La fabrication du pulsomètre est actuellement en cours à l'usine de Winnipeg de la compagnie Harco Electronics Limited, compagnie entièrement canadienne qui perfectionne, fabrique et commercialise toute une gamme d'instruments électroniques pour le corps médical. Les 25 premiers pulsomètres ont été vendus peu de temps après leur sortie des chaînes de montage, notamment à des centres médicaux. L'hôpital de St-Boniface, à Winnipeg, qui en avait acquis un, en a commandé quatre autres peu de temps après. Un autre instrument est actuellement en cours d'évaluation à l'hôpital Civique d'Ottawa et d'autres pulsomètres ont été vendus à des hôpitaux aux États-Unis, au Mexique et au Venezuela.

M. Roy nous a dit: "C'est un cardiologue d'Ottawa qui nous a montré l'intérêt qu'il y aurait à mettre au point ce genre d'instrument. Il recherchait un appareil portatif et bon marché pour suivre l'évolution des pulsations cardiaques de ses malades pendant la durée des exercices thérapeutiques auxquels il les soumettait. Après avoir passé en revue le matériel actuellement sur le marché, nous avons pensé qu'il était possible de construire un instrument plus précis et moins coûteux".

Les pulsomètres de type courant utilisent un capteur placé sur une partie sensible du corps et incorporé dans un transducteur complexe. On pouvait se procurer ces transducteurs chez les fournisseurs de matériel médical au prix courant. Les chercheurs du CNRC ont trouvé qu'il était possible d'obtenir des résultats identiques avec un transducteur simple, robuste et moins coûteux.

Le capteur comprend notamment un diaphragme très souple d'environ un centième de pouce d'épaisseur qui, lorsqu'il est mis en contact avec la peau du sujet examiné, signale les battements du coeur et ainsi permet de convertir leur fréquence en millivolts par induction magnétique grâce

à un minuscule circuit intégré. Cette tension électrique est elle-même convertie pour donner le nombre de battements cardiaques par minute qui peut être lu sur un cadran.

Pour les besoins particuliers des salles d'opérations, il serait possible d'adapter l'appareil pour qu'il donne un signal acoustique ou qu'il actionne un clignotant.

L'instrument mis au point par le CNRC comprend un capteur et un compteur avec son circuit électronique dans un boîtier. Le capteur est fixé sur une bande Velcro qui peut être enroulée autour de la phalange supérieure d'un doigt, le diaphragme étant en contact direct avec la peau.

Le circuit mis au point pour ce type de lecture est beaucoup plus simple que ceux des autres instruments car il utilise moins de composantes; pour la même raison l'instrument coûte moins cher.

Closeup of the pulse rate monitor shows its size, controls and meter to display the heart beat. • Ce gros plan montre le faible encombrement du pulsomètre.



pulse rate monitor

able commodity within an interval of six months. Morris L. Settler, President of the Company and a biomedical engineer, says the unit meets five major criteria for a commercial pulse rate meter.

"It's small, it's inexpensive, it's clinically reliable, it has a rugged sensor which won't easily be damaged and it uses a power supply which is both economical and safe," he says.

Weighing less than one pound and contained in a unit measuring three and one quarter inches wide, five and one half inches long and about two inches deep, it fulfills the first criterion. Selling for \$175, Mr. Settler says it is the most reasonably-priced of comparable pulse rate monitors. Lengthy testing of the unit under actual hospital conditions has attested to its reliability.

While the meter itself is less likely to be dropped or to receive a heavy jolt, the sensor could well be abused. Tests have displayed its resistance to damage under such conditions. The unit is powered by two nine-volt batteries which sell for less than one dollar each and are widely available; many transistor radios use them. Mr. Settler estimates that a set of batteries will provide 100 hours of continuous use.

"The batteries should last about a month when used in a large, general hospital with up to 1,000 beds," he says.

Harco Electronics provides a two-year warranty on the unit itself.

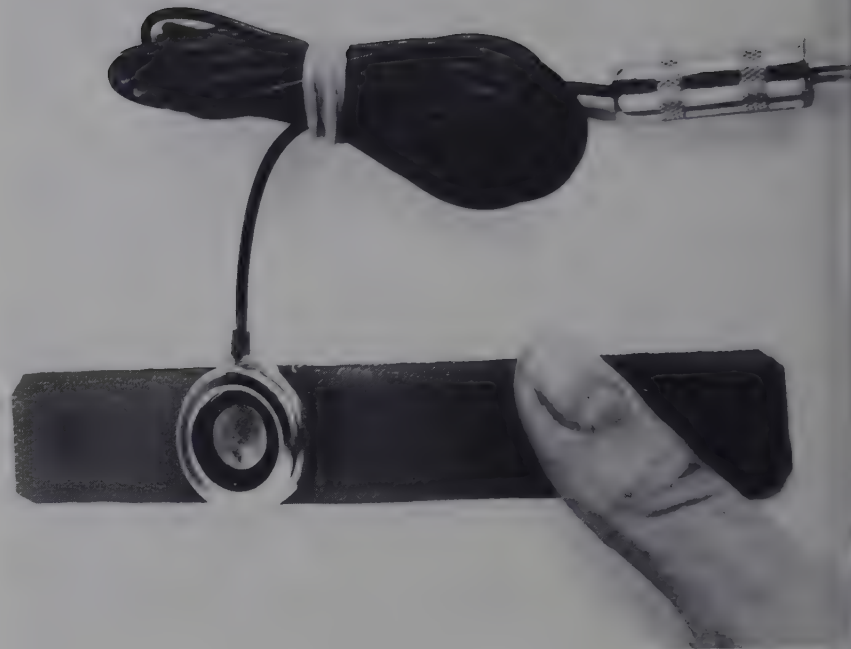
"We haven't yet manufactured units specifically for the individual consumer, such as the person who likes to jog and keep track of his heart rate," says Mr. Settler. "Marketing has centred on the health-care community, but the consumer comes next."

Mr. Settler's company has incorporated several features in the final company product. A flashing systole light and a beeper with an adjustable volume have been added. A battery check button is also incorporated, which displays the batteries' state of charge on the heart-rate meter. A surgeon or anesthetist can then rely on the instrument in three ways: a visual check of the actual meter, which has readings from 40 to 200 beats per minute; a visual check of the light-emitting diode; or an audible check using the beeper. The beeper has a wide volume adjustment, from a piercing sound, through one that is audible but not annoying under operating room conditions, to total silence.

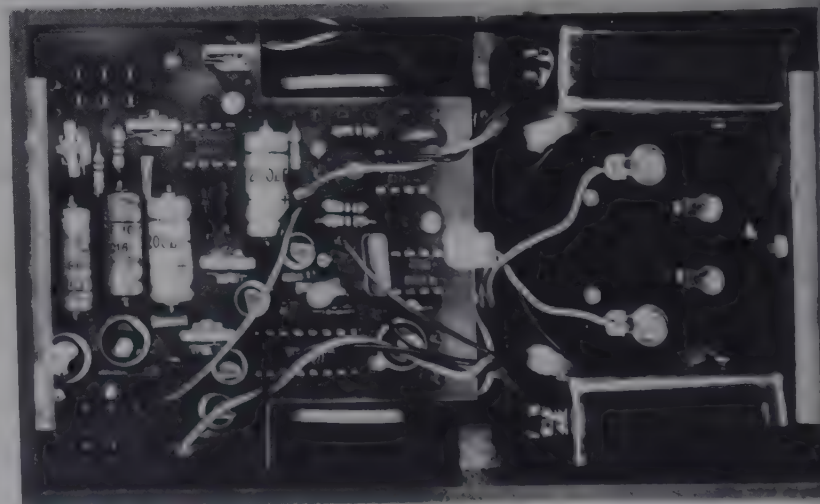
Another model of the instrument, developed by NRC and manufactured by Harco Electronics, incorporates an electrocardiograph-activated input as an alternative to the pulse-sensing finger transducer. The user then will have a choice of either the finger pressure transducer or two electrodes placed on the chest to pick up the electrical activity of the heart. In the latter mode of operation one electrode is connected to a skin-surface contact on the left side of the chest and another to a similar contact on the right side. This method produces readings generated from the electrical rather than the pressure signal produced by the heart and is better suited to the measurement of heart rate during physical activity. The ECG-triggered heart rate meter is insensitive to motion and produces correct readings even during the most violent activity.

Both instruments utilize Canadian-made (Microsystems International Limited) components. They are designed primarily for use in operating rooms, emergency wards, ambulances and dentists' offices but should eventually find application by the health-conscious jogger or by individuals with heart disorders. □

David Smithers



The pickup and transducer used in conjunction with the pulse rate monitor. A Velcro strap holds the transducer to the skin of a finger or thumb. The diaphragm in the centre of the pickup moves with the pulse, creating signals which are transmitted to the meter. • Le capteur intégré à la bande de Velcro qui permet de le placer facilement autour d'un doigt ou d'un pouce. La membrane au centre du capteur transmet les signaux au pulsomètre.



Electronic circuitry and transistors contained within the pulse rate monitor. • Circuit électronique du pulsomètre.

Le pulsomètre cardiaque

Il n'a fallu que six mois à Harco Electronics, compagnie créée il y a sept ans, pour fabriquer un instrument commercialisable en partant du modèle réalisé par le CNRC. M. Morris L. Settler, président de la compagnie et ingénieur biomédical, nous a indiqué que le pulsomètre satisfait aux cinq critères majeurs que l'on exige d'un appareil commercial de ce type, c'est-à-dire qu'il soit petit, de faible prix, fiable, que son capteur soit robuste et son alimentation économique et qu'il présente toute garantie de sécurité.

Pesant moins d'une livre et son boîtier ne mesurant que $3\frac{1}{4} \times 5\frac{1}{2} \times 2$ pouces, il satisfait au premier critère. "Ne coûtant que 175 dollars, nous a dit M. Settler, c'est le moins coûteux de tous les appareils comparables actuellement sur le marché". Des essais prolongés d'utilisation sous conditions réelles dans les hôpitaux ont démontré sa fiabilité.

Il a semblé peu probable qu'on laisse tomber le boîtier ou qu'on le manipule brutalement; par contre on craignait que le capteur pourrait être facilement endommagé et c'est pourquoi on l'a soumis à des essais qui ont d'ailleurs démontré sa robustesse. L'ensemble est alimenté par deux piles de 9 volts d'un modèle très répandu et coûtant moins d'un dollar chacune; de nombreux postes de radio à transistors les utilisent. M. Settler estime que les piles peuvent alimenter l'instrument pendant cent heures sans interruption et qu'elles devraient durer environ un mois dans le cas d'une utilisation dans un grand hôpital de 1 000 lits.

Il est garanti par la Compagnie Harco Electronics pendant deux ans.

"Nous n'avons pas encore entrepris la fabrication d'un modèle conçu spécialement pour les particuliers comme, par exemple, les sportifs qui veulent connaître leur régime cardiaque. La commercialisation est actuellement axée sur les professionnels de la santé mais le particulier est notre prochain objectif", nous a dit M. Settler.

Le fabricant a doté l'instrument de plusieurs caractéristiques complémentaires telles qu'un clignotant indiquant la systole et un avertisseur acoustique à volume réglable. Un bouton permet également de vérifier l'état des piles. Ainsi donc, le chirurgien ou l'anesthésiste dispose de trois moyens de contrôle, à savoir: un contrôle visuel avec l'aiguille du compteur qui est gradué de 40 à 200 pulsations par minute, un autre contrôle visuel avec la diode lumineuse et un contrôle acoustique. Le volume acoustique peut être réglé entre le son insupportable et le silence total; il est ainsi possible d'obtenir un son perceptible qui ne cause toutefois aucune gêne en salle d'opérations.

Un autre modèle également mis au point par le CNRC et fabriqué par Harco Electronics permet d'utiliser des électrodes d'électrocardiographes à la place du capteur de pression. Ces deux électrodes sont placées de chaque côté du thorax. Cette méthode donne des mesures plus sûres des battements du cœur car les électrodes sont insensibles aux mouvements du sujet même pendant l'activité la plus violente.

Les composantes des deux instruments sont faites au Canada par la compagnie Microsystems International Limited. Ces instruments ont avant tout été conçus pour être utilisés dans les salles d'opérations, les salles de premiers soins, les ambulances et les cabinets de dentistes, mais rien ne s'oppose à ce qu'ils servent un jour au sportif amateur soucieux de connaître son régime cardiaque ou aux personnes souffrant d'affections du cœur. □

Photo credits: back cover & page 7, Bob Whitehead, NRC; pages 2, 3 (bottom photo), pages 18, 19, Radio and Electrical Engineering Division; pages 11, 12, 15, Queen's University, Kingston, Ont.; pages 16, 17, Dominion Astrophysical Observatory; pages 20, 21 Portraits: Supergraphics, London, Ont., color separations & pages 22, 23, Alex M. Stewart & Son Ltd.; page 26 (bottom), SEMCO; pages 29, 30, Harco Electronics Limited, Winnipeg • Photographies: au dos et page 7, Bob Whitehead, CNRC; pages 2, 3 (en bas), pages 18, 19, Division de génie électrique; pages 11, 12, 15, Queen's University, Kingston, Ont.; pages 16, 17, Observatoire fédéral d'astrophysique; pages 20-21, John Stewart et George Jones, par Supergraphics, de London, Ont.; séparation des couleurs, par Alex M. Stewart and Son Ltd; pages 22-23 également de Alex M. Stewart and Son Ltd.; page 26 (en bas), SEMCO; pages 29, 30, Harco Electronics Limited, de Winnipeg.

[illegible]

SCIENCE DIMENSION

1974/3



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 6 No. 3, 1974

Contents / Sommaire

4	A light-footed giant	Géant aux pattes de velours	5
10	The changing face of photogrammetry	Les métamorphoses de la photogrammétrie	11
16	Earthly uses for today's wind tunnels	Applications "terre à terre" des souffleries	17
24	The Comet Kohoutek	La comète de Kohoutek	25
28	Computer model of the cell	Modèle mathématique de la cellule	29

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Photo credits: page 2, Canadian Government Photo Centre; pages 4-8, 19 (left), 20 (right), Division of Mechanical Engineering, NRC; page 10, Dr. K. Schirmer, Montreal; pages 12, 13 (left), 14, 15, 24, Division of Physics, NRC; pages 16-18, 19(right), 20-21 (centre) 21-23, National Aeronautical Establishment, NRC; page 20 (left), Division of Building Research, NRC; page 26, University of Toronto; page 27, Ottawa Citizen

Photographies: page 2, du Centre de photographie du gouvernement canadien; pages 4, 8, 19 (à gauche), 20 (à droite), de la Division de génie mécanique du CNRC; page 10, du Dr. K. Schirmer, de Montréal; pages 12, 13 (à gauche), 14, 15 et 24, de la Division de physique du CNRC; pages 16, 18, 19 (à droite), 20-21 (au centre), 21 et 23, de l'Établissement aéronautique national du CNRC; page 20 (à gauche), de la Division des recherches en bâtiment du CNRC; page 26, de l'Université de Toronto; page 27, de "The Ottawa Citizen"

Managing Editor Loris Racine **Directeur**
 Editor Joan Powers Rickerd **Rédactrice-en-chef**
 French Texts Georges Desternes, Claude Devismes **Textes français**
 Graphics-Production Robert Rickerd **Arts graphiques-Production**
 Staff photographer Bruce Kane **Photographe attaché à la Direction**
 Printed by Mortimer Imprimeur



To help meet the demands of industry for precision measurement of high electrical power, NRC's Radio and Electrical Engineering Division has developed equipment for the calibration of current transformers at currents up to 60,000 amperes. This capability is the highest in North America. Here, Bernard Cassidy of the Electrical Engineering Section, works on the calibration equipment which employs the current comparator, a precise ratio standard developed at NRC. • Pour répondre à la demande industrielle, la Division de génie électrique du CNRC a mis au point des appareils de précision pour étalonner des transformateurs acceptant 60 000 ampères, valeur la plus élevée en Amérique du Nord. Sur notre photographie, M. Bernard Cassidy, travaille sur l'équipement d'étalonnage incorporant le comparateur, mis au point au CNRC, qui permet des mesures de rapports précises.

1974
S/D 1974/3





The air cushion trailer— Light-footed giant

Canada's extremes of terrain and climate, which produce conditions varying from needle-sharp ice in winter to pseudo-tropical swamps in summer, present an almost insurmountable problem for off-road transportation. Even highways and secondary roads are limited in their ability to carry heavy loads. 'Half-load' seasons are common across the country in spring. As roads begin to thaw and heave, the passage of heavy vehicles tears them to pieces, causing damage amounting to hundreds of thousands of dollars.

Ground transportation in Canada's remote regions is limited by the wheel. Despite the size and number placed beneath large bush vehicles, only a small portion of the tire is in actual contact with the ground. It is this area that carries the load of the vehicle, exerting it as downward pressure to the ground.

Climate as well as conditions of terrain play a significant role in transport in Canada's wilderness areas, where it is of great importance to travel for the exploitation of natural resources — timber, minerals and oil. In Arctic winter conditions, the frozen muskeg swamps and lakes can support heavy wheeled traffic and the secondary roads can carry the heaviest tractor-trailers. Even part of the St. Lawrence River freezes over and permits navigation only with the aid of ice-breakers during some months of the year. However, in the spring, the snow and ice melt and for a while the paved secondary roads are soft, and travel in the bushlands is impossible with wheeled vehicles carrying even the lightest loads. In the summer months, ships can navigate rivers and lakes and roads are good, although dusty. In some areas of Canada, such as Northern Ontario and Northern Quebec, log

CASPAR (Cushion Aerodynamic System Parametric Assessment Rig) is being used for continuing studies at NRC laboratories in Ottawa on skirt-terrain interaction. Various skirts have been fitted to the test vehicle. • Le véhicule CASPAR sert à étudier l'interaction entre différentes jupes et le terrain. Ces études se font au CNRC à Ottawa.

gers can operate for only two months of the year hauling timber from cutting areas to pulp and paper mills. The loading and transport system must therefore be massive and speedy.

There are also the transportation problems faced by utility companies installing new services to remote communities or servicing far-off installations. Mining and exploration companies alike often resort to using helicopters to transport men, equipment and supplies to wilderness areas, a high but necessary expense.

What has been needed in Canada to alleviate most of the nation's awesome transportation problems in remote regions is a 'light-footed giant', capable of carrying immense loads — a load-spreading vehicle which would exert minimal downward pressure, permitting its passage many times over ecologically-fragile or hazardous terrain without causing irreparable damage.

A means of transport which started its career 15 years ago in Britain and France as a method of high-speed travel over water, has started to evolve as this 'giant'. Air cushion vehicles (ACVs) have already proved themselves capable of coping with Canada's terrains by transporting heavy loads across conditions as varied as chunks of ice to tree stumps and muskeg. The concept of the ACV has remained virtually unchanged. In simple terms, the British and French technology provided Canadian researchers with the right vehicle but the wrong 'tires'. The 'skirt', the flexible curtain surrounding ACVs which contains the air within to provide lift, had to be redesigned. Conventional skirts, as used in marine ACVs, will not operate satisfactorily on rough terrain, and early tests using marine skirts have demonstrated their susceptibility to damage from sharp objects.

L'aéroglisser remorqué

Géant aux pattes de velours

Le Canada est un immense pays très froid en hiver et très chaud en été; le terrain, varié à l'extrême, peut y être couvert de glaces à arêtes coupantes durant l'hiver et, l'été, se transformer en marais pseudo-tropicaux rendant les transports en dehors des routes presque impossibles. Même les autoroutes et les routes secondaires ne peuvent transporter que des charges limitées car les barrières de dégel sont de règle dans tous le pays au printemps. A mesure que le sol se réchauffe les véhicules lourds défoncent les routes et les réparations coûtent des centaines de milliers de dollars.

Les transports, dans les régions isolées du Canada, ont été limités par la roue qui donne toujours une pression élevée sur le sol même si l'on utilise de nombreuses roues à gros pneus sous les véhicules.

Il est toutefois très important de pouvoir se déplacer aisément en brousse, où le climat et le terrain jouent un grand rôle, si l'on veut exploiter les ressources de ces régions c'est-à-dire les bois, les minéraux et le pétrole. En hiver, dans les régions arctiques, les routes, les marais et les lacs gelés peuvent supporter de lourds véhicules montés sur roues. Au printemps, avec le dégel, les routes secondaires asphaltées deviennent fragiles et le transport en brousse à l'aide de véhicules montés sur roues devient impossible même pour les charges les moins lourdes. Durant les mois d'été, on peut se déplacer en bateau sur les rivières et les lacs; on peut aussi utiliser les routes qui sont bonnes quoique poussiéreuses. Dans certaines régions du Canada, comme dans le nord de l'Ontario et du Québec, les bûcherons ne peuvent déplacer les bois coupés et les amener aux usines de pâtes à papier que pendant deux mois de l'année. Ce qui rend nécessaire de disposer de moyens de transport et de chargement très importants et très rapides.

Les compagnies qui doivent installer de nouveaux services dans des agglomérations éloignées, ou assurer l'entretien d'installations en des coins perdus, rencontrent aussi des difficultés. Celles qui font de l'exploration ou exploitent des mines se servent souvent d'hélicoptères pour transporter les hommes, l'équipement et les approvisionnements, ce qui revient fort cher.

On a donc besoin, au Canada, d'un moyen de transport de surface n'exerçant qu'une faible pression sur le sol un peu comme le chameau dont les larges pieds augmentent de surface en touchant le sable du désert et, ainsi, empêchent que l'animal ne s'enfonce et ne s'ensable. On pourrait alors, transporter de lourdes charges et assurer les transports sans dommages écologiques souvent irréversibles.

Il y a une quinzaine d'années, on a commencé en Grande-Bretagne et en France à faire des essais d'un nouveau véhicule rapide permettant de se déplacer juste au-dessus des terres et des eaux en n'exerçant qu'une faible pression tout comme le chameau. Il s'agit des aéroglisseres appelés aussi machines à coussins d'air ou machines à effet de sol. Il est maintenant démontré qu'elles peuvent être très utiles au Canada pour transporter de lourdes charges au-dessus de blocs de glace, de marais et des sols irréguliers des forêts coupées. Le principe même de l'aéroglisser n'a virtuellement pas changé. En termes simples, la technologie mise au point

This "air-cushion-assisted" tractor-trailer already has been demonstrated at 30 miles per hour, carrying a 70-ton load over unimproved roads, causing them no damage. • Remorque à coussin d'air au cours d'une démonstration sur route non asphaltée. Avec une charge de 70 tonnes elle est tirée par un tracteur à 30 miles à l'heure sans endommager la route.



An ACV trailer being towed by a relatively light tracked vehicle begins trials over muskeg at a hydro-line project on the north shore of the St. Lawrence River. • Remorque à coussins d'air, tirée par un tracteur à chenilles relativement léger, au cours d'essais sur terrain à muskeg de la côte nord du golfe du St-Laurent. Il s'agissait de transporter de lourds équipements électriques.



Such obstacles as tree stumps, ice which may form peaks and jagged pressure cracks, muskeg swamp strewn with fallen trees and debris, snow and dust conditions, must all be traversed without damage to the skirt for a design to be considered practical. The single factor of snow-covered ground has in itself numerous side-effect problems; light snow blows and obscures visibility; wet snow sinks beneath the cushion and forms a roll in front of the leading edge of the skirt; and water spray from slush freezes on the vehicle, greatly increasing its weight and clogging controls.

It is in the area of skirt-terrain interaction that researchers in the Engine Laboratory of the National Research Council of Canada's Division of Mechanical Engineering are concentrating their efforts. A test vehicle called CASPAR (Cushion Aerodynamic System Parametric Assessment Rig) has been constructed under contract to NRC. The vehicle is capable of testing any skirt design, and some already have been or will be tested under real operating conditions at NRC's Montreal Road site in Ottawa. Rugged tests over the real and simulated standardized conditions are providing engineers with vital information on the interaction between different designs and materials used for the skirts and the varying nature of the ground. It is this technology which will eventually result in the development of an off-road ACV with skirts suited to Canadian conditions of terrain and climate.

Howard Fowler is the man most closely associated with work on ACVs. His background had been in the field of centrifugal and axial fans. He explains the future role of ACVs in Canada.

The essence of the air cushion vehicle is simply this: The total weight of a vehicle, divided by the area of its feet (tires

track, etc.), equals the pounds per square inch of its tires, and also the pressure inflicted on the ground. So the larger the footprint area, the lighter the pressure on the ground. Some ground just can't take much pressure. Muskeg is badly broken up after a few passes at pressures of more than one pound per square inch. It costs a lot of money to improve bush roads to stand normal tire pressures. Tire pressures can be reduced by cramming a large number of wheels under a vehicle, but this reaches a limit and still only a small part of each tire is flat on the ground. So if the whole underside area of a vehicle is made into one huge tire, with no bottom to it but the ground, it has the largest footprint area possible and very little loss of air since the edge of the 'tire' or 'skirt' actually drags in the mud."

The ACV is also easy to tow on the level because neither air nor the skirt causes much friction. It is likely to be in this area of development that the ACV will become the most utilized under Canadian conditions. The load can be piled on such an air cushion trailer without destroying the ground, and the trailer can be towed with a small tractor which itself will not be heavy enough to destroy terrain or break through a weak road in a half-load season. Tests also have demonstrated the feasibility of using helicopters for towing AC trailers over extremely delicate or swampy terrain. The simplest air cushion trailer is simply a flat deck with a power unit and a blower on one end, and a flexible rubberized, fabric skirt around it to contain a cushion of air at a pressure of one pound per square inch. Large tractor wheels have been fitted to each end of AC trailers to provide traction and stability over sloping terrain, but the weight carried by each is minimal. The wheels merely provide contact with the ground to improve the controllability of the trailer. It is in the area of controllability and braking that self-

This hoverbarge or AC trailer, was towed over muskeg swamp with 12-ton loads, during a series of field trials at a hydro-line construction site in the Baie Comeau area of Quebec. • Cette remorque à coussins d'air est tirée sur terrain à muskeg durant des essais. Elle transporte 12 tonnes d'équipement électrique servant à la construction d'une ligne dans la région de Baie Comeau, au Québec.



par les Anglais et les Français a permis aux chercheurs canadiens de disposer du bon véhicule mais non pas des "pneus" adaptés au pays. Il a été en effet nécessaire de réétudier "les jupes", c'est-à-dire les parois souples placées à la périphérie de l'aéroglesseur pour donner le coussin d'air assurant la portance. Les jupes traditionnelles, comme celles qui servent sur les aéroglesseurs marins, ne donnent pas de bons résultats sur les très mauvais terrains car elles sont percées par les objets pointus comme les premiers essais l'ont montré.

Les obstacles comme les souches d'arbres, la glace qui ne se forme pas régulièrement et ainsi cause des fissures dans la jupe et des fuites de l'enceinte sous pression, les arbres tombés dans les marais et les débris de toutes sortes, la neige et la poussière ne doivent pas endommager la jupe si l'on veut pouvoir compter sur le véhicule; même le sol couvert de neige crée de nombreux problèmes secondaires car cette neige est soufflée et réduit la visibilité; la neige mouillée s'enfonce sous le véhicule et forme un rouleau à l'avant du bord d'attaque de la jupe; enfin l'air qui s'échappe de la jupe pulvérise la boue et l'eau des rivières et des lacs en fines gouttelettes qui viennent geler sur le véhicule ce qui augmente son poids et coince les commandes.

Les ingénieurs du laboratoire des moteurs de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada étudient donc plus particulièrement l'interaction entre la jupe et le terrain. Un véhicule d'essais appelé CASPAR, pour "Cushion Aerodynamic System Parametric Assessment Rig", a été construit sous contrat. Grâce à lui, on a déjà essayé, ou l'on va essayer bientôt, de nombreuses sortes de jupes dans des conditions réelles d'exploitation au CNRC, chemin de

Montréal, à Ottawa. Des tests sévères dans des conditions habituelles, réelles ou simulées, ont fourni aux ingénieurs des renseignements très importants sur l'interaction entre des terrains variés et les jupes correspondant à des concepts différents et faites de matériaux différents également. On vise à obtenir une jupe adaptée aux conditions canadiennes.

C'est M. Howard Fowler, ingénieur spécialiste des ventilateurs et des compresseurs centrifuges ou axiaux, qui s'occupe le plus de ces travaux. Écoutons-le sur le rôle des aéroglesseurs au Canada: "Le principe de fonctionnement des aéroglesseurs est tout simplement le suivant: si l'on divise le poids total d'un véhicule par l'aire de ses "pieds", c'est-à-dire de ses pneus ou de ses chenilles, par exemple, on obtient la pression par unité de surface de contact avec le sol. Donc, plus l'aire des "pieds" est grande, plus la pression unitaire sur le sol est petite. Certains sols ne peuvent pas résister à une pression élevée. Ainsi le muskeg est très endommagé après quelques passages à une pression supérieure à une livre par pouce carré. Les routes de brousse coûtent fort cher si l'on veut utiliser des véhicules dont les pneus sont aux pressions habituelles. On peut réduire la pression sur le sol en augmentant le nombre de roues mais il y a une limite car, même avec un nombre maximum de roues, il est possible que la pression unitaire soit encore trop élevée pour certains sols. On a donc été amené à penser que le fond du véhicule pourrait "porter" sur toute sa surface; la pression unitaire serait alors très faible et le véhicule serait, somme toute, porté par une sorte d'énorme pneu sans fond et à basse pression. Les jupes en seraient les flancs mais il faudrait compenser en permanence la fuite due au manque de fond. Toutefois, on perdrait assez peu d'air si le bord du "pneu", c'est-à-dire de la jupe, traîne dans la boue".

propelled ACVs have encountered major problems. Yawing, sliding and an inability to stop quickly are problems which still remain to be solved.

Mr. Fowler refers to 1973 as Year One for Canada and the ACV. A high-speed ferry ACV owned by a transport corporation has been doing charter freight work in the MacKenzie and Yukon areas; a drill rig on an AC barge has been drilling for oil in the Arctic Ocean with an AC tender assisting as a crew ferry; two AC trailers have been transporting 10-ton loads of gravel and steel over muskeg on a hydro-line construction contract on the north shore of the St. Lawrence River; and a mining company has been using two AC trailers on the eastern Arctic coast to carry freight from offshore ships over the beaches and inshore to the worksite. Two more AC trailers will be used later to transport ore from the mines to a concentrator plant.

There remain six areas in which the thrust of research is being concentrated under the guidance of the National Research Council's Associate Committee on Air Cushion Technology, formed almost three years ago. Its 20 members from government, industry and university are guiding research into the off-road transportation possibilities for ACVs; on-road use, for lumbering applications in remote areas; as a means of rapid transit between Canadian cities; as an icebreaking device; and for light vehicles for exploration and personal use. The major part of the fundamental research involved is being conducted in universities, with financial assistance given by NRC through its Office of Grants and Scholarships. The CASPAR project and its peripheral design and testing has been conducted both at NRC laboratories in Ottawa and by industries supported in this work by NRC's Industrial Research Assistance Program.

Off-road transport heads the priority list, with Mr. Fowler's CASPAR and skirt-terrain interactions forming the basis. Data has already been gathered on roll stability, tow load and lift requirements. Towed AC barges and tug vehicles are being studied at the present time. Mere size is no problem, says Mr. Fowler, with a 125-ton payload unit already in production and a 3,000-ton unit in the design stages. Operating techniques for optimum economics are being studied, and consideration is being given to the cost effectiveness of bulldozing flat but unsurfaced 'hoverways' to give three and four times the speed of present-day equipment under all types of terrain and climate conditions.

For on-road use, the concept of a tractor-trailer with an air cushion beneath the float is a proven possibility for use on soft roads. Enough load is left on the wheels of the vehicle for it to qualify as a road vehicle, but enough load is taken off them to allow 70-ton loads to be driven over weak roads without causing damage. A research rig already has been demonstrated at 30 miles per hour, and the Prairie provinces are watching this development with keen interest for possible use in northern areas. A grid of cheap, unimproved roads could support such equipment, connecting isolated communities without the prohibitive cost of good, surfaced roads.

Insofar as lumbering applications of ACV technology are concerned, a series of experiments is being conducted by industry using AC trailers which can carry logs from the cutting point and float them out over 18-inch stumps down soft forest trails to the mill. Mr. Fowler sees no reason why the tree-harvesting machines themselves could not be mounted on AC floats.

The use of the ACVs for rapid transit systems is among



This large air cushion vehicle worked as an effective icebreaker during recent winter trials. Towed by a tractor, it broke a 70-foot-wide path through 27-inch thick ice, travelling at four miles per hour. • Essais récents en hiver d'une grande remorque à coussins d'air pour briser la glace. Elle est tirée par un tracteur à 4 miles à l'heure et brise une couche de glace de 27 pouces d'épaisseur sur 70 pieds de largeur.

several proposals for alleviating Canada's interurban transport problems. Air cushion trains are being considered and NRC researchers are currently studying snow build-up on tracks to gather data for the design of high-speed ice- and snow-clearing devices.

One of the most surprising uses of the ACV is as an icebreaker. The reasons for its ability to break ice are not fully understood and researchers are continuing to investigate the process. An ACV was towed by a tractor and broke a 70-foot-wide path through 27-inch-thick ice at four miles per hour. The vehicle used a total of 2,000 horsepower and two men.

It is believed that either a 'whip' action is created by the air cushion as the vehicle moves over the ice, or air is forced beneath the ice, leaving it no support from water and causing it to collapse. The Canadian Coast Guard and the Air Cushion Vehicles Division of the Ministry of Transport are conducting further research into this new-found ability of AC vehicles.

The final research area being investigated involves the development of self-propelled ACVs in the half-ton or personnel carrier category. Mr. Fowler concludes that such vehicles are the most difficult to build. To be economically feasible, such a vehicle must be powered by a car engine or a light diesel motor, and the problems of combining ruggedness with lightness and reasonable cost are presenting an immense challenge to engineers.

Says Mr. Fowler: "There is no doubt that air cushion vehicles, in their various forms, will within five years have a major impact upon transport in Canada. Industries such as lumbering and mining could well be revolutionized by developments in the ACV field. Their applications for heavy transport over weak ground is the main area of interest." □
David Smithers

L'aéroglesseur . . .

L'aéroglesseur remorqué est facile à tirer car la jupe ne donne pas un grand frottement. Il est probable que ce sera dans ce domaine que ce véhicule sera le plus utilisé au Canada. Il serait ainsi possible de transporter de lourdes charges sans détruire le sol "survolé"; la traction serait assurée par un petit tracteur qui ne serait pas lui-même assez lourd pour défoncer le terrain, ou les routes au moment du dégel. Des essais ont également démontré que l'on pourrait tirer ces remorques à l'aide d'hélicoptères lorsque le terrain est un marais ou que sa croûte est extrêmement fragile. Le plus simple des aéroglesseurs remorqués est un plateau muni d'un moteur et d'une soufflante à une extrémité et équipé d'une jupe de toile caoutchoutée très souple tout autour pour que le coussin d'air ne soit qu'à une pression de une livre par pouce carré. De grosses roues de tracteurs sont montées à chaque extrémité pour avoir une bonne traction et une bonne stabilité sur les terrains en pente mais la charge supportée par chacune de ces roues est réduite au minimum. Il s'agit tout simplement d'assurer un contact avec le sol pour mieux diriger le véhicule. Les principaux problèmes des aéroglesseurs automoteurs résident dans le pilotage et le freinage. Il reste encore à résoudre les problèmes du lacet, du glissement et de l'arrêt rapide.

Pour M. Fowler l'année 1973 est l'An I des aéroglesseurs au Canada. L'un d'eux, appartenant à une compagnie, a servi à faire du transport rapide et nolisé de marchandises dans les régions du MacKenzie et du Yukon; une plate-forme à coussins d'air pour le forage de puits de pétrole a été utilisée dans l'Océan Arctique et elle était complétée par un "tender", à coussins d'air lui-même jouant le rôle de chaland pour les mouvements de personnel; deux remorques à coussins d'air ont transporté des charges de 10 tonnes de gravier et d'acier sur un terrain à muskeg lors de la construction d'une ligne électrique sur la côte nord du golfe du St-Laurent; une compagnie minière s'est servie de deux remorques à coussins d'air sur la côte est de l'Arctique pour transporter des marchandises déchargées d'un bateau au large jusqu'à des plages et même jusqu'à l'intérieur sur les sites de travail. Deux autres remorques à coussins d'air ont servi plus tard à transporter des minerais jusqu'à l'usine d'enrichissement.

Il reste six domaines de recherches poussées sous la direction du Comité associé de la technologie des coussins d'air, du Conseil national de recherches, formé il y a près de trois ans. Ses 20 membres représentent le gouvernement, l'industrie et les universités et ils dirigent la recherche sur les possibilités du transport en tous terrains, sur l'utilisation routière des aéroglesseurs dans des régions éloignées pour transporter les grumes, sur l'emploi de ces véhicules comme moyens de transport rapide entre les villes canadiennes, comme brise-glace et comme véhicules légers d'exploration et pour les particuliers. La plus grande partie de la recherche fondamentale se fait dans les universités avec l'aide financière du CNRC, par l'intermédiaire de son Bureau des subventions et bourses. Le véhicule CASPAR et, plus particulièrement, ses jupes, sa motorisation et ses essais sont le résultat des études faites dans les laboratoires du CNRC, à Ottawa, et du travail des industriels bénéficiant du Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC.

Les transports en tous terrains ont la priorité et c'est la raison pour laquelle on étudie particulièrement les interactions entre les jupes et le terrain à l'aide du véhicule CASPAR de M. Fowler. On a déjà obtenu des données sur les conditions à remplir pour avoir une bonne stabilité en roulis, et une traction

et une portance appropriées. Actuellement on étudie des chalands remorqués à coussins d'air et leurs remorqueurs. Les dimensions des véhicules ne constituent pas un problème, nous a dit M. Fowler, puisque l'on construit déjà un véhicule à charge utile de 125 tonnes et que l'on étudie un véhicule de 3 000 tonnes. Les techniques d'utilisation en service pour une exploitation économique optimale et les coûts d'aplanissement des terrains sont à l'étude; il s'agirait de construire des "routes" non asphaltées pour véhicules à coussins d'air ce qui permettrait des vitesses de trois à quatre fois celles des équipements actuels sur tous les terrains et par tous les temps.

On sait qu'une remorque et son tracteur, tous les deux à coussins d'air, peuvent utiliser des routes ne supportant que de faibles pressions mais acceptant toutefois des roues suffisamment chargées pour pouvoir diriger le véhicule de sorte que même des charges de 70 tonnes peuvent être transportées sur ces routes sans causer de dommages. Un banc d'essais a permis de le démontrer à 30 miles à l'heure et les provinces des Prairies surveillent de près le développement de ces véhicules car on pense s'en servir pour le Grand Nord.

Pour les bûcherons, ces aéroglesseurs remorqués peuvent être également très intéressants et l'on fait actuellement des essais avec des remorques permettant d'amener les troncs d'arbres jusqu'aux scieries en "survolant" des souches hautes de 18 pouces. M. Fowler ne voit aucune raison pour que les arbres eux-mêmes ne soient pas manutentionnés à l'aide de remorques à coussins d'air.

Ces temps-ci, on envisage beaucoup de se servir d'aéroglesseurs pour relier les villes canadiennes entre elles et le CNRC étudie le déblaiement de la neige et de la glace sur les voies à grande vitesse pour trains à coussins d'air.

L'une des applications les plus surprenantes des aéroglesseurs est le brise-glace. On ne comprend pas encore très bien comment ce véhicule peut casser la glace et l'on continue d'en étudier le mécanisme. Un aéroglesseur tiré par un tracteur a cassé des couches de glace de 27 pouces d'épaisseur sur une largeur de 70 pieds à une vitesse de 4 miles à l'heure. Le véhicule utilisé était conduit par deux personnes et sa puissance était de 2 000 chevaux.

On pense qu'un "coup de fouet" est donné par le coussin d'air du véhicule au fur et à mesure qu'il avance sur la glace ou que de l'air est forcé sous la glace qui n'étant plus soutenue par l'eau, ne peut que se briser et tomber dans l'eau. La Défense littorale canadienne et la Division des véhicules à coussins d'air du Ministère des transports font des recherches pour essayer d'expliquer cette nouvelle application des aéroglesseurs.

Les autres recherches se rapportent à des aéroglesseurs automoteurs d'une demi-tonne ou pour le transport du personnel. M. Fowler pense que c'est là le type de véhicule le plus difficile à construire. Pour être économique, il faut pouvoir utiliser un moteur de voiture, ou un petit moteur diesel, et aboutir à un véhicule léger, très robuste et peu coûteux ce qui constitue un gros problème pour les ingénieurs.

Et M. Fowler a terminé en disant: "Il n'y a aucun doute que les véhicules à coussins d'air sous leurs diverses formes auront dans les cinq ans un impact majeur sur le transport au Canada. Les industries, comme celles des exploitations forestières et minières, pourraient bien être révolutionnées par les développements dans les aéroglesseurs. Les applications pour le transport de très lourdes charges sur des terrains n'acceptant qu'une faible pression constituent le domaine d'intérêt principal". □

From mapping to medicine— The changing face of photogrammetry



"In collaboration with a group from the National Research Council of Canada's Division of Mechanical Engineering, we developed a modified system of rods to be used in the surgical correction of spine deformation," says Dr. Gordon W.D. Armstrong of the Orthopaedic Department, Ottawa Civic Hospital. "After reading a Science Dimension article on the use of photogrammetry to record, with all the geometric finesse, the interior of an Ottawa convent, I began to think this method also could be used in my work. Since the insertion of correcting rods in the human body requires numerous careful considerations, we asked photogrammetric experts in NRC's Division of Physics to help us in precise evaluation of this technique."

In the joint project which followed, the performance of the rod system and the corrective spinal operation was successfully analyzed by using photogrammetric techniques.

Photogrammetry — the science of making reliable measurements from photographs — has traditionally been linked to the fields of surveying and mapping. However, it is now receiving widespread application in other diverse and, at first, seemingly incompatible fields. Photogrammetry is earning acceptance in medicine and various scientific and engineering disciplines including transportation safety, manufacturing processes, environmental and pollution studies.

The Photogrammetric Research Section of NRC's Division of Physics is currently investigating these and many other photogrammetric utilizations and is developing new techniques.

"The photogrammetric technique most widely used consists of photographing an object from two locations," says Dr. T.J. Blachut, Head of NRC's Photogrammetric Research Section. "From these photographs taken by special cameras, a physical (optical) or mathematical model of the photographed object is formed, which is then submitted to precise measurements or which can be graphically plotted in the form of drawings or plans."

In medicine, for example, a physician can precisely determine the size and rates of change of the eye interior by using special photographic techniques for proper diagnosis and possible surgical intervention. There is close cooperation in this field between Dr. K. Schirmer at St. Mary's Hospital in Montreal and NRC scientists.

Another development is the NRC brain scanner in which ultrasonic waves are used as a diagnostic tool to penetrate the skull painlessly to produce a map of the internal structures, depicting possible disorders such as tumors. Montreal's Maisonneuve Hospital is using this equipment extensively on an experimental basis and the equipment has been credited by expert physicians as the most advanced of its kind in the world.

NRC laboratories are studying the possibility of the use of photogrammetric methods in the production of artificial limbs. At present a custom made artificial limb is formed manually and subjective judgment determines whether it is identical to the remaining healthy limb. The process is lengthy and

Above: stereophotographs of the rear portion of the eye taken simultaneously by a modified ophthalmologic camera are used for the precise photogrammetric measurement of the spatial structure of the retina.

• Ci-dessus: avec ces stéréo-photographies de la partie postérieure de l'oeil la structure spatiale de la rétine peut être mesurée avec précision. Elles ont été prises simultanément avec un appareil de photographie ophtalmologique modifié.

De la cartographie à la médecine

Les métamorphoses de la photogrammétrie

"En collaboration avec un groupe de chercheurs de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches, nous avons mis au point un nouvel ensemble de tiges métalliques qui, après mise en place par un chirurgien, permettent de corriger les déformations de la colonne vertébrale. C'est après avoir lu un article de Science Dimension sur l'utilisation de la photogrammétrie pour photographier, sans rien perdre de sa finesse géométrique, l'intérieur d'un couvent d'Ottawa, que j'ai pensé que cette méthode pourrait aussi m'apporter une aide précieuse dans mon travail mais comme l'insertion de ces tiges dans le corps humain exige beaucoup d'attention j'ai demandé l'assistance des experts en photogrammétrie de la Division de physique du CNRC pour obtenir une évaluation précise de cette technique", nous a déclaré le Dr Gordon W.D. Armstrong, du Département d'orthopédie de l'Hôpital municipal d'Ottawa.

La photogrammétrie, technique qui permet de faire des mesures précises en partant de photographies, est habituellement associée à la cartographie et à la topographie mais on y a recours aujourd'hui dans de très nombreux domaines qui, initialement, semblaient ne pas s'y prêter comme, par exemple, la médecine, la sécurité dans les transports, les processus de fabrication, l'environnement et la pollution et diverses autres spécialités scientifiques et techniques.

La section de photogrammétrie de la Division de physique du CNRC essaie de trouver de nouveaux domaines d'application tout en perfectionnant la technique elle-même.

Son chef, le Dr T.J. Blachut, nous a dit: "La méthode la plus courante consiste à photographier un objet à partir de deux emplacements différents avec des appareils photographiques spéciaux. Avec les photographies obtenues on construit ensuite un modèle physique (optique ou mathématique) de l'objet photographié que l'on mesure ensuite avec précision ou que l'on peut reproduire graphiquement, c'est-à-dire sous forme de dessins ou de plans".

En médecine, par exemple, le médecin peut déterminer avec précision l'amplitude et la fréquence des changements qui interviennent à l'intérieur de l'oeil d'un malade en se servant de photographies spéciales pour établir un diagnostic précis en vue d'une éventuelle intervention chirurgicale. Une collaboration étroite s'est d'ailleurs établie dans ce domaine entre le Dr K. Schirmer, de l'Hôpital Ste-Marie, à Montréal, et les chercheurs du CNRC.

Le CNRC a également mis au point un échocéphalogramme permettant, grâce aux ultra-sons, une exploration sans douleur de la boîte crânienne et de tracer un schéma de ses structures pour mettre en évidence des anomalies comme les tumeurs. L'Hôpital Maisonneuve, de Montréal, expérimente intensivement cet appareil que les spécialistes considèrent comme le plus perfectionné du monde dans ce domaine. Les laboratoires du CNRC étudient les possibilités d'application des méthodes photogrammétriques à la fabrication de membres artificiels. Actuellement, les membres artificiels sont fabriqués à la main sans autre référence qu'une observation visuelle objective pour s'assurer qu'ils sont identiques aux membres sains. Il s'agit là d'une méthode de fabrication longue et coûteuse alors que la photogrammétrie nous offre un moyen de faire des mesures extrêmement précises et rapides du membre sain grâce auxquelles le membre artificiel peut être exécuté avec précision et automatiquement à l'aide de machines-outils à commandes numériques.

La photogrammétrie fournit les coordonnées X, Y et Z

indispensables aux fraiseuses à commandes numériques. Le modèle de la pièce devant être fabriquée en grande série est photographié et sa forme précise est déterminée photogrammétriquement. Ce procédé offre plusieurs avantages, dont la possibilité de faire des mesures en des points choisis aléatoirement et de conserver des références permanentes de l'objet photographié sous la forme de stéréophotographies qui peuvent être mesurées à nouveau n'importe quand, même après modification ou destruction de l'original du modèle. Les données photogrammétriques sont peut affectées par la complexité de la surface à mesurer, ce qui n'est généralement pas le cas avec les systèmes de mesure mécaniques.

Cette technique est utilisée occasionnellement par les constructeurs d'automobiles pour dessiner et vérifier les châssis des prototypes. On y fait également appel en recherche aéronautique pour obtenir des mesures précises des maquettes d'aéronefs essayées en soufflerie. Des scientifiques du CNRC ont d'ailleurs mis au point pour ces travaux une caméra permettant d'obtenir des vues en gros plan dont les caractéristiques optiques et géométriques répondent à des conditions bien précises.

Un des autres avantages de la photogrammétrie par rapport aux systèmes de mesure mécaniques ou électriques est qu'elle permet de déterminer les formes et les déformations de corps fragiles, étant donné qu'il n'est pas nécessaire d'appliquer des capteurs mécaniques ou électriques sur l'objet à mesurer.

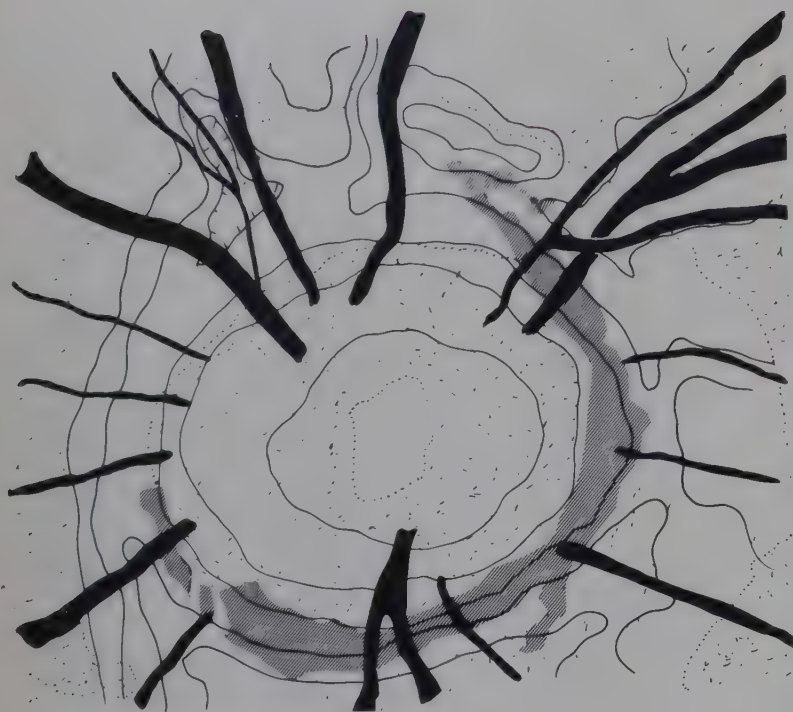
En Amérique du Nord, comme dans les autres pays, les problèmes à résoudre en matière de sécurité routière sont considérables et là encore la photogrammétrie appliquée aux études de mobiles se déplaçant rapidement dans des conditions à évolution rapide est un outil précieux pour l'analyse des variables entrant dans l'étude des collisions. Le déclenchement de l'obturateur de la caméra est si rapide qu'il permet d'obtenir un instantané d'un véhicule en mouvement en n'importe quel point de sa trajectoire tant sous conditions expérimentales que réelles. Toutes les données précises nécessaires à l'évaluation de l'essai ou à l'étude de la cause de l'accident peuvent être déterminées à l'aide d'instruments de mesure spéciaux et d'un ordinateur.

Le CNRC étudie actuellement, par exemple, les glissières d'autoroutes à l'aide de photographies données par des caméras à cadence de prises de vues élevée, et analysées par ordinateur. L'objet de cette étude est de déterminer exactement ce qui se passe lorsqu'un véhicule heurte une glissière et rebondit. Chacune des 130 images prises en une seconde peut être examinée séparément pour localiser avec précision tous les points du véhicule et déterminer les vitesses de rotation en tangage, en roulis et en lacet. On peut donc reconstituer avec une précision de quelques pouces la totalité de la trajectoire tridimensionnelle du véhicule. Il est également possible d'obtenir une représentation graphique des variations d'assiette tous les centièmes de seconde avant, durant et après l'impact.

Des méthodes semblables ont été mises au point au CNRC pour faciliter les enquêtes sur les accidents d'avions. Malheureusement, dans ce cas, les accidents ne peuvent être photographiés que par hasard, généralement par des photographes amateurs et il n'en est que plus difficile d'obtenir des mesures précises de haute qualité et il faut donc avoir recours à des procédés spéciaux.

Les photographies consécutives des configurations en vol conduisant à une perte de contrôle ou à une rupture structurale et, ainsi, à l'écrasement au sol d'un aéronef, permettent

photogrammetry



Photogrammetric plot yielding positional details and contour lines of the rear portion of the eye. • Restitution photogrammétrique donnant la localisation des détails et les courbes de niveaux de la partie postérieure de l'œil.

expensive. However, photogrammetry can provide precise and rapid measurement of the healthy limb from which the artificial limb can be exactly and automatically produced by using modern, numerically-controlled machine tools.

In mass manufacturing processes, such as the production of artificial limbs or mechanical parts for various types of machinery, photogrammetry provides the X, Y and Z coordinates required as input for digitally controlled milling machines. A master model of the part which is to be manufactured is photographed and its precise shape is photogrammetrically determined. This offers several advantages to manufacturers. Measurements can be taken at random, or if so required, at predetermined intervals. A permanent record of the photographed object is obtained by means of stereophotographs, which can be remeasured at any time, even after the original model has been altered or destroyed. Photogrammetric results are little affected by the complexity of the surface to be measured, which often is not the case in mechanical measuring techniques.

This technique is occasionally used by car manufacturers to design and check prototype automobile bodies. In aeronautical research, precise measurements of aircraft models tested in wind tunnels can be obtained by photogrammetric means. For this purpose, NRC scientists developed a camera permitting close-up photographs with specific optical and geometric characteristics.

Another advantage of photogrammetry over mechanical or electrical measuring systems is that it can be used for determination of shapes or deformations of fragile bodies since it does not require attaching mechanical or electrical sensors on the object to be measured and no mechanical contact between the object and the measuring tool is involved.

Transportation in North America, as in other countries, is

Photogrammetry was used during surgical correction of spinal deformation to determine the performance of the Transverse Loading System. Photograph shows photogrammetric targets temporarily attached to the Transverse Loading System. • On s'est servi de la photogrammétrie au cours d'une opération visant à corriger une déformation de la colonne vertébrale pour déterminer la valeur du Système de mise en charge transversale. La photographie montre les cibles photogrammétriques fixées temporairement au système.



plagued by safety problems. Photogrammetry, applied in studies of rapidly moving objects and fast varying situations, is an invaluable tool in the evaluation of variables in vehicular collision studies. The camera's shutter speed can "freeze" any momentary position of a moving vehicle both in special experiments or in accident situations. All the precise measurements necessary to evaluate the test or assess the cause of an accident can be extracted with the use of special instruments and a computer.

As an example, high-frequency motion pictures are used with the aid of a computer in a study of highway safety barriers currently under way at NRC. The study is designed to help determine exactly what occurs when a motor vehicle collides with a barrier and bounces back. Each of the 130 frames per second can be separately examined to determine the accurate location of any point of the car and any corresponding attitude changes expressed by pitch, roll and yaw. Thus, the complete three-dimensional path of the vehicle can be reconstructed within an accuracy of a few inches. Smooth curves also can be plotted giving attitude variations every hundredth of a second before, during and after the moment of impact.

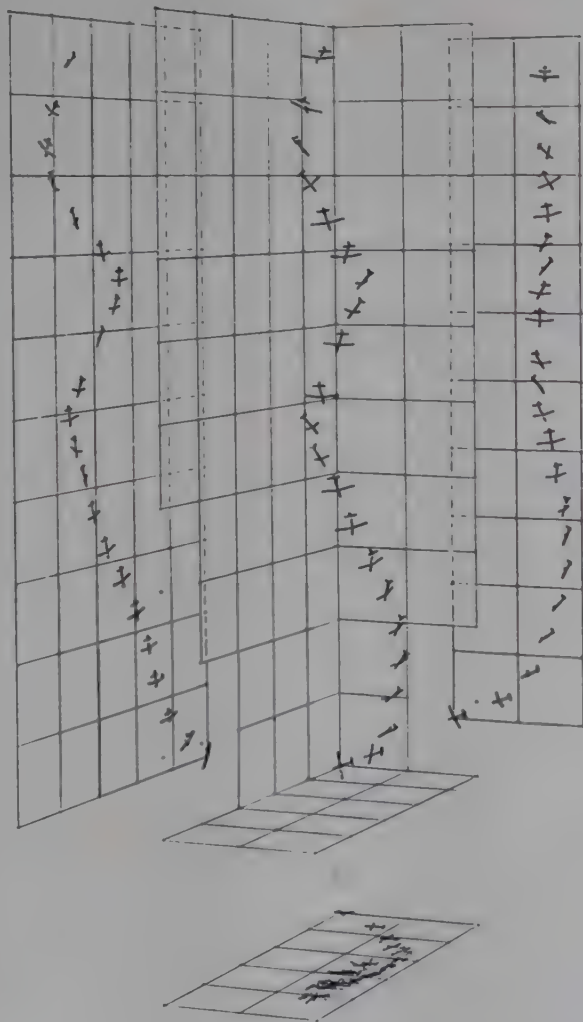
Similar methods have been developed at NRC to support aircraft accident investigations. But in this case, only photographs taken incidentally by onlookers may be available. As a result it is much more difficult to extract precise measurements of high quality and very special procedures must be used.

Consecutive single photographs of events leading to loss of control or structural failure, and the subsequent crashing of aircraft permit the determination of the spatial position of the airplane if its dimensions are known. A sequence of photographs where available, makes possible the determination not

... la photogrammétrie

de déterminer sa position spatiale si ses dimensions sont connues. Grâce à une séquence de photographies il est non seulement possible de déterminer un certain nombre de positions mais également de connaître les vitesses angulaires et linéaires. Connaissant les vitesses et les positions, on pourra éventuellement déterminer la cause de l'accident et éliminer les fausses hypothèses. Cette méthode a été utilisée dans différentes occasions par le Ministère des transports lorsque l'on s'est trouvé à disposer de films ou de photographies comportant des données cruciales.

Les quelques exemples que nous venons de citer montrent que la photogrammétrie, conçue à l'origine pour la production de cartes et de relevés topographiques, est en passe d'être universellement adoptée comme une méthode de mesure et d'enregistrement des données qui se distingue par son originalité et sa souplesse d'emploi. Elle est basée sur la physique et les mathématiques, et la photographie dont la photographie aux rayons X, la télémessure, l'optique, l'électronique et la mécanique de haute précision très spéciale ne sont que quelques-uns des nombreux domaines auxquels elle fait appel.



Photogrammetrically produced three-dimensional presentation of the path of an aircraft which failed to recover from a spiral. Respective orientation of the aircraft is depicted as well. • Représentation tridimensionnelle et photogramétrique de la trajectoire d'un avion qui n'a pas pu se sortir d'une vrille. On peut observer les positions successives de l'avion durant sa chute.

S'ajoutant aux nombreuses théories fondamentales et aux perfectionnements techniques qui ont marqué l'avènement de nouvelles méthodes dans le domaine de la cartographie et des relevés topographiques, plusieurs concepts originaux ont vu le jour dans la section de photogrammétrie du CNRC. Parmi ceux-ci, nous mentionnerons la cartographie stéréo-orthophotographique qui pourrait provoquer une révolution dans la façon de résoudre certains problèmes cartographiques courants. Ses applications sont encore plus importantes lorsqu'il s'agit de domaines sortant de la cartographie courante, comme l'agriculture, la sylviculture, la géologie, l'environnement, la géographie, l'urbanisation et l'administration, nécessitant une grande quantité de cartes spéciales et d'informations particulières issues de photographies aériennes et pour laquelle les méthodes photogramétriques traditionnelles sont souvent trop complexes. Au contraire, la méthode stéréo-orthophotographique est simple et précise et c'est pour cette raison que des spécialistes de domaines étrangers peuvent l'utiliser.

Il y a quelques années, on a entrepris la fabrication du

Movie photographs taken by chance of a helicopter involved in a fatal accident. • Photographies extraites d'un film, pris par hasard, d'un accident d'hélicoptère.



photogrammetry

Simultaneous and complete view of a leg is obtained in orthopaedics with the use of two mirrors and a stereocamera. Three-dimensional, digital model reconstructed by analytical photogrammetry provides data for an automatic numerically controlled production of prostheses.

- Grâce à deux miroirs et à un appareil stéréoscopique on a pu réaliser, pour un orthopédiste, cette vue simultanée et complète d'une jambe. Un modèle numérique tridimensionnel construit à l'aide de la photogrammétrie analytique fournit les données nécessaires à la production automatique de prothèses par une machine à commandes numériques.



only of a number of positions, but also the angular and linear velocities. Knowledge of velocities and positions can contribute to determining the cause of an accident and aid in ruling out false hypotheses. This was the case in accident investigations carried out on several occasions by the Canadian Ministry of Transport, when film or photographs taken by chance provided vital data.

These are just a few examples how photogrammetry, conceived initially as a mapping and surveying technique, is becoming a universally accepted recording and measuring method of unique character and versatility. It is based on physics and mathematics and to its storehouse of tools belong photography (including X-ray), remote sensing media, optics, electronics and very special, fine mechanics.

In addition to the many basic theories and development of techniques which have pioneered new approaches in the field of mapping and surveying, several novel instrument concepts have originated in NRC's Photogrammetric Research Section, among them, a new concept in mapping based on so-called stereo-orthophotos which could revolutionize the approach to many conventional mapping problems. Even more significant is its application in the mapping and photo interpretation fields outside conventional cartography — agriculture, forestry, geology, environmental studies, geography, general planning, administration — which normally require large volumes of special maps and information to be ascertained from aerial photographs and for which conventional photogrammetric methods are often too complex; in contrast, the stereo-orthophoto approach is simple but precise. Because of its simplicity, experts in fields unfamiliar with the intricate photogrammetric technique can use it.

A few years ago, manufacturing of the NRC-Monocomparator was begun and it is being marketed throughout the world

Two basic instruments for precise linear and angular measurements, Lincap and Circap, are other examples.

Recently, an agreement between Instronics Ltd. of Stittsville, Ontario and NRC's Division of Physics was announced whereby Instronics will begin to manufacture still another photogrammetric instrument called an Analytical Stereorestitutor, following the original concept invented and further developed by the Photogrammetric Research Section. It represents an advanced and efficient photogrammetric system of high performance surpassing existing analogue plotters. It is the only plotter that can handle all kinds of images produced by sophisticated systems used in airplanes or satellites and unconventional photogrammetric images used in fields other than mapping, in addition to the usual aerial photographs.

"Photogrammetry is rapidly becoming an indispensable, general measuring technique outside surveying and mapping and is on the threshold of further development offering exciting possibilities in scientific research with broad cultural, social and economic implications," says Dr. Blachut.

Manufacturing of photogrammetric instruments — some of them costing hundreds of thousands of dollars a unit — requires the mastering of complex and specialized technologies in fine mechanics, optics and electronics.

"We would like to hope," says Dr. Blachut, "that our work will eventually induce the domestic industry to become acquainted with these sophisticated technologies and help to establish manufacturing activities in new areas of opportunity. The initial difficulties are great and we are not lacking our moments of discouragement. However, some promising signs already mark the beginning of this new phase in our effort, and as the ancients used to say: The beginning is half the battle." □ Joan Powers Rickerd

... la photogrammétrie

monocomparateur mis au point par le CNRC et il est maintenant vendu dans le monde entier. Deux instruments de base pour les mesures linéaires et angulaires de précision, le lincap et le circap, sont deux autres exemples que nous pouvons citer. Un accord a été récemment conclu entre la compagnie Instronics Limited, de Stittsville, dans l'Ontario, et la Division de physique du CNRC, aux termes duquel la compagnie Instronics commencera la fabrication d'un autre instrument de photogrammétrie appelé stéréorestituteur analytique, qui a été inventé et perfectionné par la section de photogrammétrie. Cet instrument représente un système photogramétrique perfectionné et efficace à rendement élevé surpassant les restituteurs analogues actuellement utilisés. C'est le seul restituteur pouvant traiter toutes sortes d'images produites par le matériel perfectionné utilisé à bord des avions ou des satellites et les images photogramétriques non conventionnelles utilisées en dehors de la cartographie, en plus des photographies aériennes habituelles.

La photogrammétrie gagne de plus en plus de terrain en dehors des méthodes utilisées en cartographie et en topo-

graphie et elle est à la veille de devenir une technique de mesure offrant des possibilités très intéressantes dans la recherche scientifique avec de vastes implications sociales, culturelles et économiques", nous a dit le Dr Blachut.

La fabrication d'instruments de photogrammétrie dont certains coûtent plusieurs centaines de milliers de dollars exige la maîtrise de techniques spéciales et complexes en mécanique de haute précision, en optique et en électronique.

"Nous espérons que nos travaux inciteront notre industrie à s'intéresser à ces techniques de pointe et contribueront à la création de nouvelles activités industrielles. Les débuts sont difficiles et nous connaissons des moments de découragement mais, déjà, des signes prometteurs apparaissent et, comme disaient les anciens, "il n'y a que le premier pas qui coûte", de conclure le Dr Blachut. □

NRC Monocomparator, a precise measuring instrument used in aerial triangulation, invented in the Division of Physics and manufactured commercially in Canada. • Instrument de mesure de précision inventé à la Division de physique du CNRC et fabriqué au Canada, le monocomparateur est utilisé en triangulation aérienne.



**Buildings, bridges,
stacks and towers—**

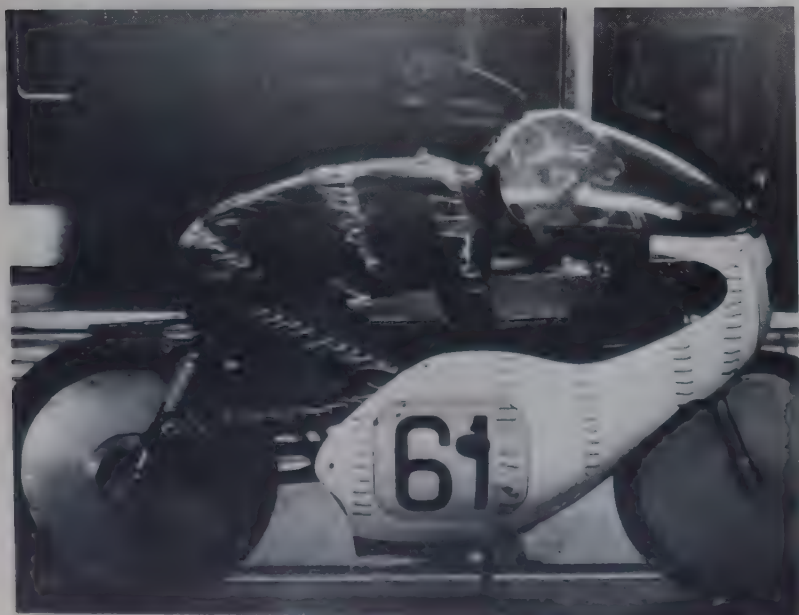
Earthly uses for today's wind tunnels

A research and development tool of the National Research Council of Canada which has left an indelible imprint on the Canadian aircraft industry is now being turned to more earthly applications. The extensive wind tunnel facilities of the National Aeronautical Establishment of NRC have for several decades been used to study the aerodynamic characteristics of aeroplanes and they continue to play an important role in aeronautical research. But the facilities are being used more and more in other engineering fields.

The effects of wind on civil engineering structures — buildings, bridges, chimney stacks and towers — is one area that has received considerable attention. Scale models of these structures can be tested in the wind tunnels. Model sizes may vary from one-and-a-half feet to six feet for a 600-foot high building, depending on the size of the wind tunnel used. Techniques have been developed to reproduce the gustiness of the natural wind and to duplicate the increase of wind speed with height.

With the use of high strength steel, increased use of welding and other advances in engineering, modern buildings have become significantly lighter, more flexible, and therefore more likely to sway as a result of wind action. Modern construction techniques have also reduced the capacity of structures to damp out the motion. By using flexible models, movements of

The 6-foot by 9-foot wind tunnel and the flow visualization water tunnel have been used to study some aerodynamic aspects of snowmobiles and motorcycles that are being manufactured by Bombardier Ltd. Large reductions of air resistance have been achieved for racing motorcycles. For snowmobiles the air intake for engine cooling and the windscreen design have been improved. • On s'est servi de la soufflerie de 6 x 9 pieds et du tunnel hydrodynamique pour étudier certains aspects aérodynamiques des motoneiges et des motocyclettes construites par la compagnie Bombardier Limitée. Ces essais ont permis de réduire la résistance aérodynamique des motocyclettes de course. En ce qui concerne les motoneiges, on a amélioré les formes des pare-brise et des prises d'air de refroidissement des moteurs.



De l'aéronautique
au génie civil

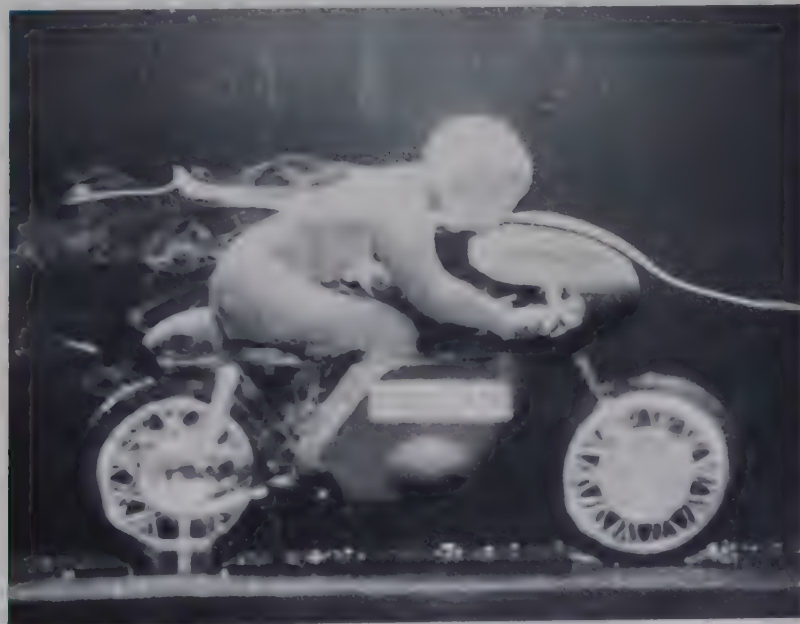
Nouveaux rôles pour les souffleries

Des installations de recherche et de développement du Conseil national de recherches du Canada, qui ont laissé une trace indélébile sur l'industrie aéronautique canadienne, sont maintenant utilisées pour des travaux plus "terre à terre". Il s'agit des grandes installations d'essais de l'Établissement aéronautique national du CNRC et surtout des souffleries qui, pendant des décennies, ont servi à étudier les caractéristiques des écoulements autour d'aéronefs et qui sont d'ailleurs toujours utilisées pour des recherches aéronautiques.

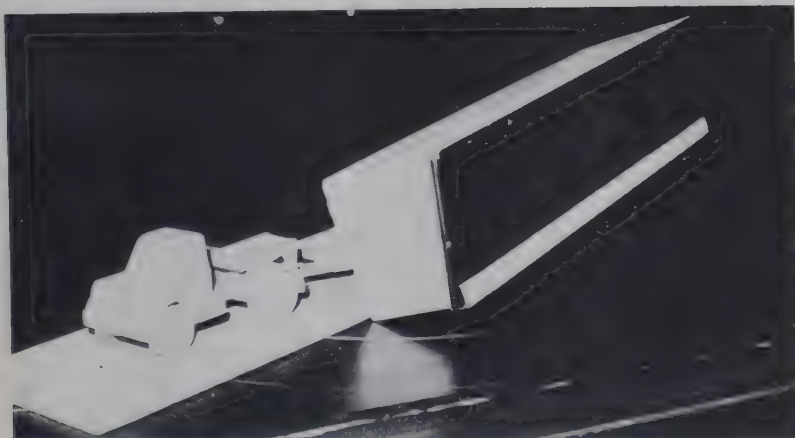
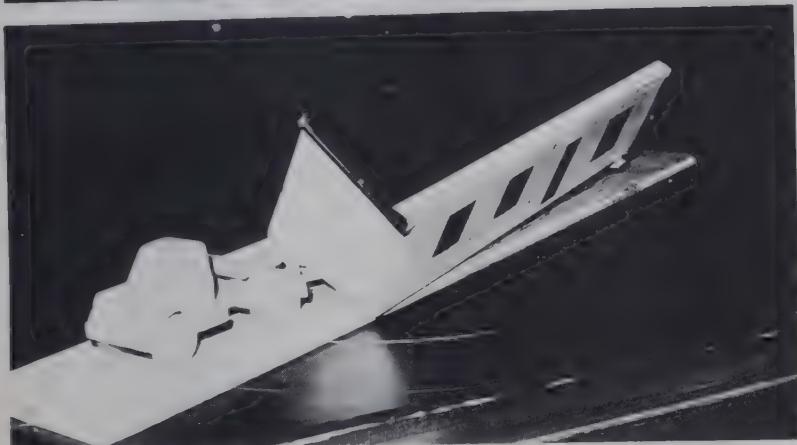
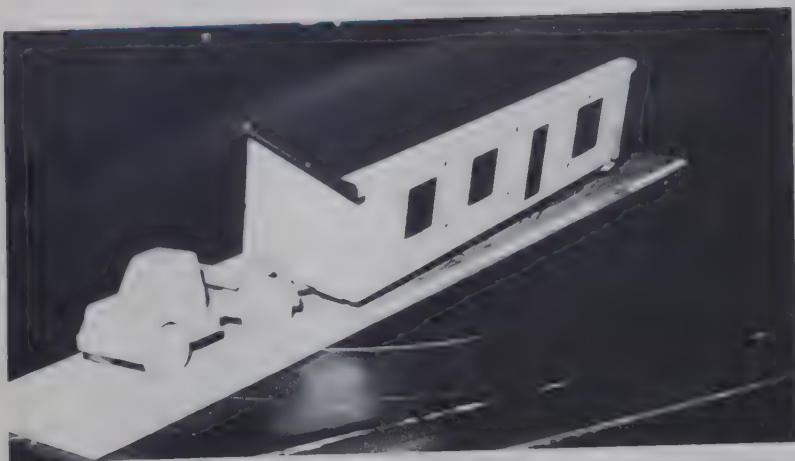
Ces souffleries, toutefois, servent de plus en plus dans d'autres domaines comme celui de l'étude, à l'aide de maquettes, de l'action des vents sur des structures telles que les ponts, les grands édifices, les cheminées d'usines et les tours. La dimension de ces maquettes varie avec la structure étudiée et la soufflerie utilisée, allant de 1 1/2 pied pour atteindre 6 pieds dans le cas d'édifices de 600 pieds de hauteur. On a mis au point des techniques qui permettent de simuler les rafales et le profil des vitesses du vent en fonction de l'altitude.

Avec l'apparition des aciers à haute résistance et de la soudure dans la construction, les bâtiments modernes sont devenus beaucoup plus légers, plus souples et, de ce fait, ils peuvent osciller sous l'action du vent. Les techniques modernes de construction ont également conduit à une diminution de l'amortissement structural des ossatures. Grâce à des maquettes aéroélastiques, il est possible de prévoir les mouvements des bâtiments alors que les charges globales et les pressions locales sont déterminées à l'aide de maquettes rigides. Les architectes se servent également des souffleries pour étudier la configuration des vents au sol car les piétons pourraient être gênés si les vents augmentaient de vitesse du fait de la présence de ces grands bâtiments.

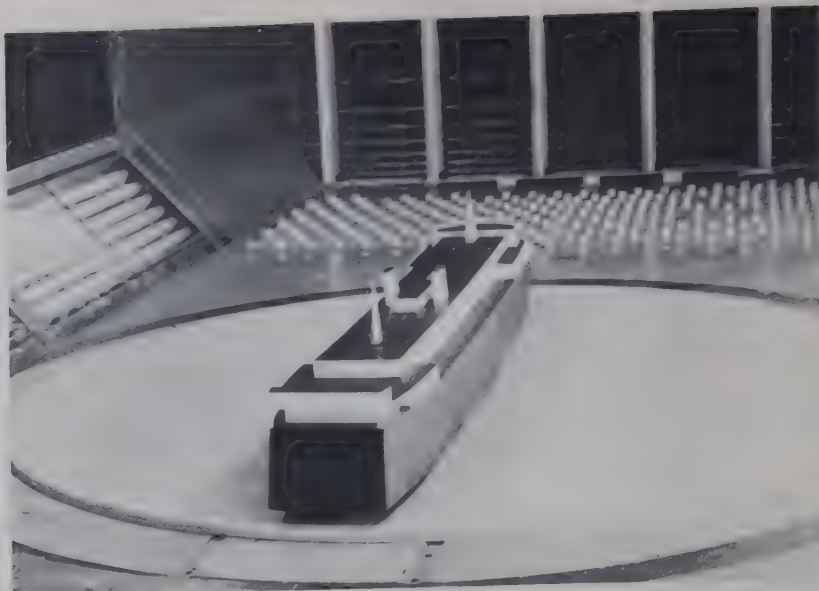
Le vent peut parfois causer des dommages sérieux et même des catastrophes lorsqu'il s'agit de tabliers de ponts suspendus. Comme exemple le plus remarquable on pourrait citer celui du pont suspendu de Tacoma, aux États-Unis, détruit par le vent il y a un peu plus de 30 ans. Depuis cette époque on a mis au



wind tunnels



Concern about the possibility of half-house transportation units overturning led to wind tunnel studies to determine safe operating conditions. Photograph shows an overturning sequence when the half-house was not rigidly tied to the trailer. • La possibilité qu'une demi-maison transportée sur une grande remorque puisse verser sous l'action du vent a été étudiée en soufflerie. Ces photos mettent en évidence ce qui peut arriver lorsque la maison n'est pas attachée rigidement sur la remorque



The wind forces for a proposed Port aux Basques / North Sydney ferry were determined using a model in NAE's 6-foot by 9-foot wind tunnel.

• La soufflerie de 6 x 9 pieds de l'ÉAN a été utilisée pour mesurer la force du vent s'exerçant sur la maquette d'un bac, ou traversier, devant assurer la liaison entre Port aux Basques et North Sydney.

full-scale buildings can be predicted. Rigid models can be used to determine wind loads and surface pressures. Architects also are using wind tunnels to study street-level wind conditions around tall buildings in order to avoid unpleasant pedestrian environments.

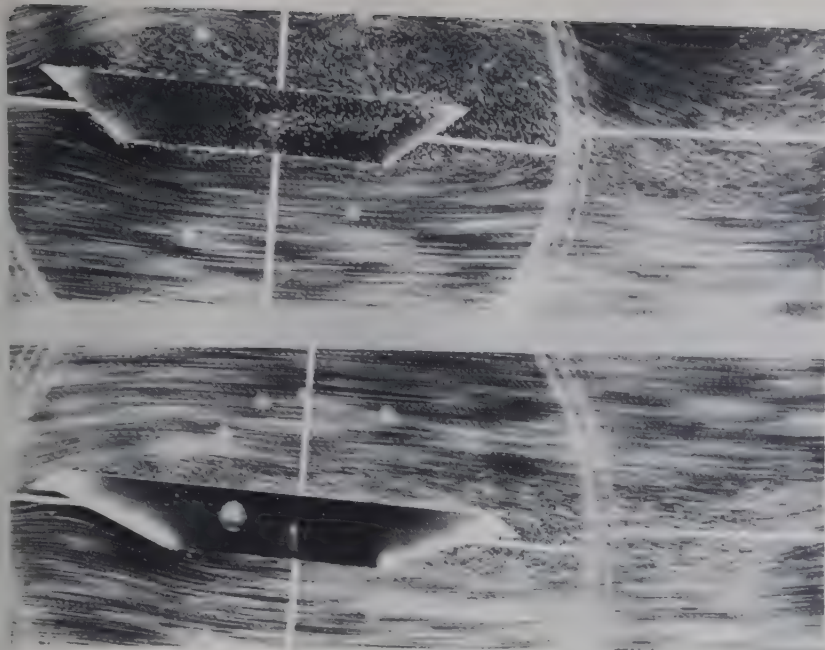
Wind action can cause damaging and sometimes catastrophic vibrations to the road decks of suspension bridges. Probably the most dramatic example was the failure more than thirty years ago of the Tacoma Narrows Bridge. Since then, wind tunnel techniques have been developed to investigate the aerodynamic stability of such decks and to determine their response to wind turbulence. The oscillations of the model road deck that are observed in the tunnel duplicate motion produced by wind on the actual bridge structure. The extent of motion may be limited, but it may also grow to destructive proportions, depending on the particular aerodynamic phenomenon involved. From wind tunnel studies, the wind speeds at which motion will occur and the rate at which they develop can be determined. Such studies have resulted in the evolution of aerodynamically-stable box section road decks, for example, the Longs Creek Bridge on the Trans-Canada Highway near Fredericton.

Cables and other components of bridges are also susceptible to serious wind-induced motion. Wind tunnels again can be used to determine the critical wind speeds at which motion occurs and often corrective measures are based upon data obtained from these studies.

Hydro-electric transmission lines throughout Canada must be protected against damaging vibrations that may be caused by a variety of aerodynamic factors. Acceptable control of conductor vibration is an important consideration in the design of transmission lines, as in the James Bay power development project in Quebec. NAE's Low Speed Aerodynamics Laboratory is currently studying oscillations within the bundles of parallel conductors which have proved to be effective in modern, high-voltage transmission lines.

The wind tunnels are often used to determine the effectiveness of ships' smoke stacks. An effective ship stack must lift all smoke clear of the ship under all wind conditions because of the dangers of polluting ventilation systems or causing corrosion damage to equipment

In addition, NRC's wind tunnel facilities have been used for determining wind effects on transit system vehicles, snowmobiles, motorcycles, and even members of Canada's National Ski Team, who want to cut that all-important, split-second from their downhill run time. □



A stable box section road deck was developed in the wind tunnel for a proposed crossing of the Burrard Inlet. The flow over the deck is shown in the lower photograph from the flow visualization water tunnel. The upper photograph shows flow separation over the upper surface of a less stable trapezoidal section. • Grâce à des souffleries on a pu mettre au point un profil de tablier stable pour le pont de Burrard Inlet. Ces deux photographies prises au tunnel hydrodynamique pour visualiser l'écoulement se rapportent à deux formes de profil, l'une trapézoïdale (en haut) donnant un décollement à l'extrados et l'autre (en bas) de forme trapézoïdale modifiée ne donnant aucun décollement.

point des techniques d'essais en souffleries conduisant à des tabliers de ponts stables après en avoir étudié la réponse à l'action du vent et des rafales. Les oscillations du tablier de la maquette reproduisent celles du pont réel. Selon le phénomène aérodynamique particulier, l'amplitude du mouvement va de valeurs limitées à des valeurs telles que la structure ne peut plus résister et se brise. Les études en souffleries permettent de prévoir ces oscillations et la manière dont elles augmentent d'amplitude. C'est à la suite de ces essais que l'on a pu mettre au point un type de tablier caissonné stable aérodynamiquement tel que celui de Longs Creek sur la route transcanadienne, près de Fredericton.

Les composantes de structures comme les câbles de suspension des tabliers de ponts peuvent aussi subir de violentes oscillations sous l'action du vent. Grâce à des essais en souffleries, on peut déterminer les vitesses critiques de déclenchement de ces perturbations dangereuses et les solutions adoptées sont souvent basées sur les données obtenues.

Les lignes à haute tension qui s'étendent d'un bout à l'autre du Canada subissent également des vibrations dangereuses d'origine aérodynamique et il est essentiel lorsque l'on doit en construire de nouvelles, comme dans le cas du projet de la Baie James, de s'assurer que le vent ne les rompra pas.

Le Laboratoire de l'aérodynamique des faibles vitesses de l'ÉAN étudie actuellement les oscillations subies par des faisceaux de câbles parallèles très intéressants pour les lignes modernes à très haute tension.

Les souffleries du CNRC servent souvent à étudier l'écoulement des fumées émanant de cheminées de navires dont la raison d'être est d'assurer que les fumées ne seront pas recirculées dans les systèmes de ventilation du bateau ou ne causeront pas de dommages aux équipements par corrosion.

Ajoutons pour terminer que ces souffleries ont aussi permis d'étudier l'action du vent sur les véhicules de transport urbain et interurbain de masse, les motoneiges, les motocyclettes de course et même sur les skieurs membres de l'équipe nationale canadienne qui cherchaient à réduire au minimum leur résistance aérodynamique pour gagner quelques fractions de seconde. □



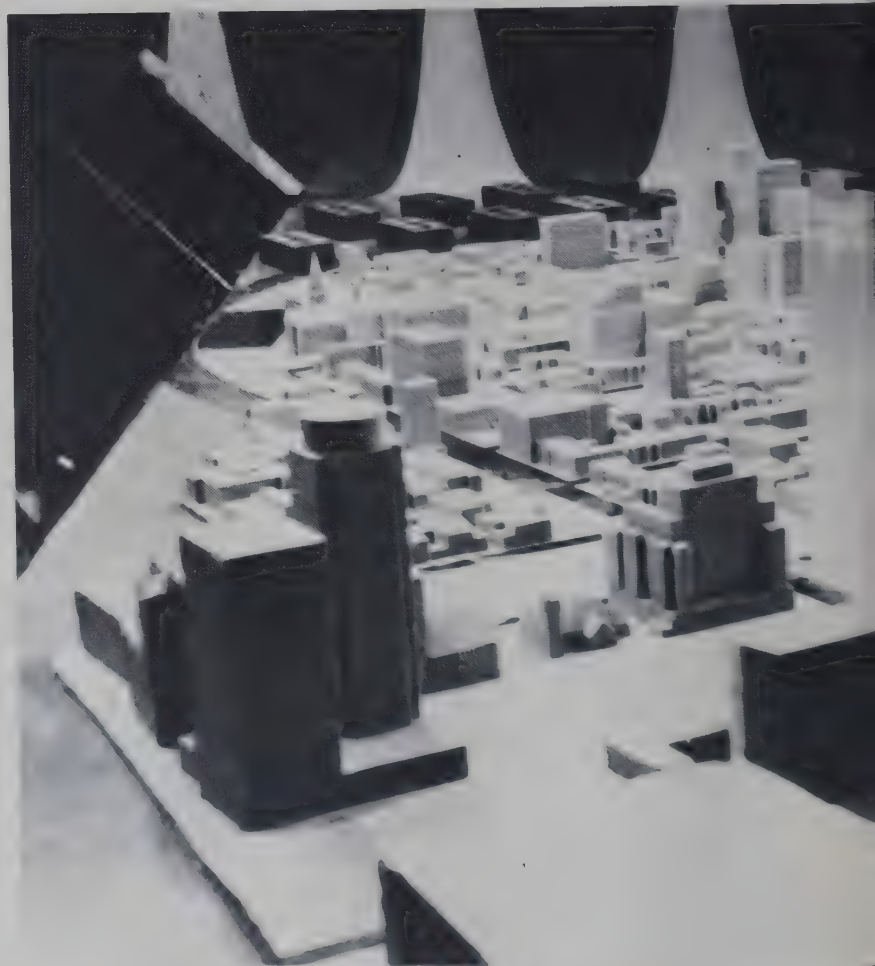
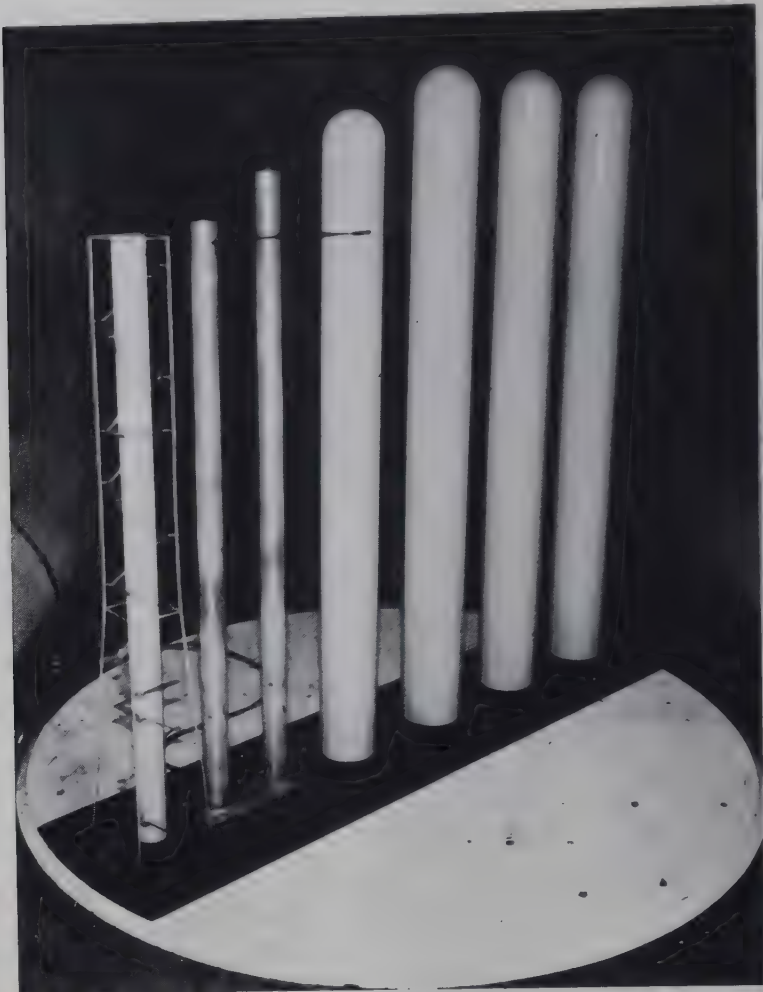
The control tower of the new international airport, north-west of Montreal at Ste. Scholastique, Quebec, is now under construction. A 1:100 aeroelastic scale model of the novel structure was investigated in simulated natural wind conditions in NAE's 30-foot wind tunnel. • On construit maintenant la tour de contrôle du nouvel aéroport international de Sainte-Scholastique, au nord-ouest de Montréal. Une maquette aéroélastique au centième a été étudiée dans la soufflerie de 30 pieds de l'ÉAN avec simulation des vents.

wind tunnels

Two of the slender towers of the Canadian General Electric Company heavy water plant at Port Hawkesbury on Cape Breton Island were found to vibrate severely under some wind conditions. Means of suppressing the motion were developed in model tests using the Division of Mechanical Engineering's 10-foot by 20-foot wind tunnel.

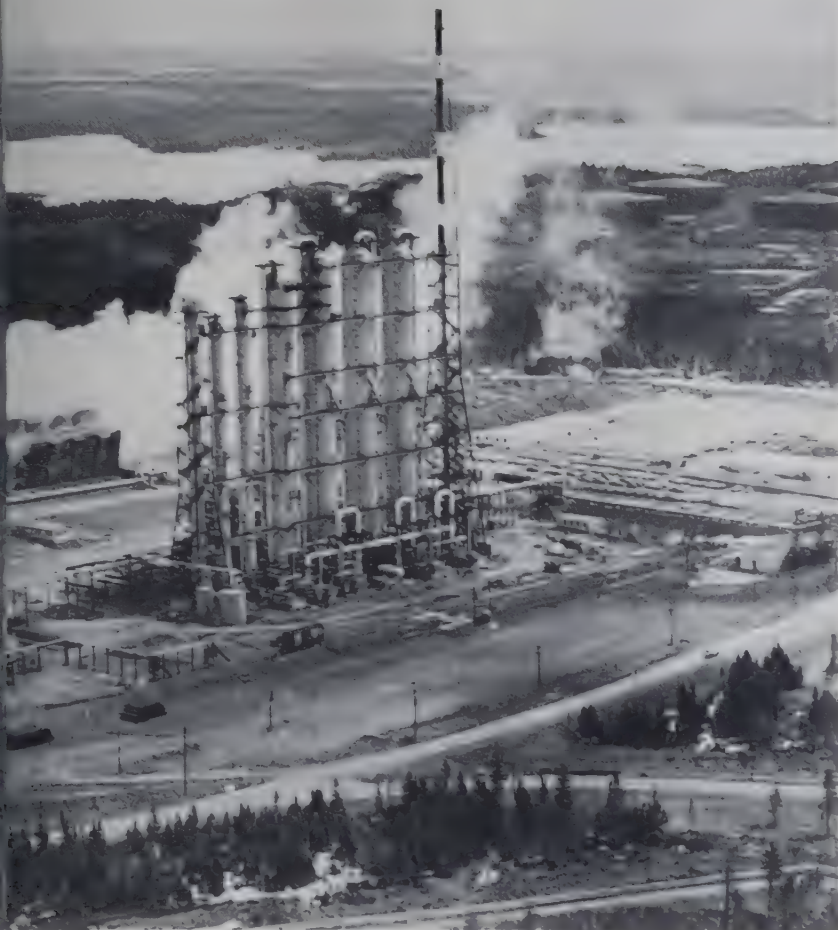


The Division of Building Research has done an extensive series of full-scale wind pressure measurements on the Canadian Imperial Bank of Commerce Building in downtown Montreal. As part of a collaborative research program, NAE's Low Speed Aerodynamics Laboratory has made comparative model scale pressure measurements in their 6-foot by 9-foot and 30-foot wind tunnels. • La Division des recherches en bâtiment a fait beaucoup de mesures de la pression exercée par le vent sur l'édifice de la Banque de commerce canadienne impériale à Montréal. En collaboration avec la Division, l'Établissement aéronautique national a fait des essais comparatifs dans les deux souffleries de 6 x 9 pieds et de 30 pieds du Laboratoire de l'aérodynamique des faibles vitesses.



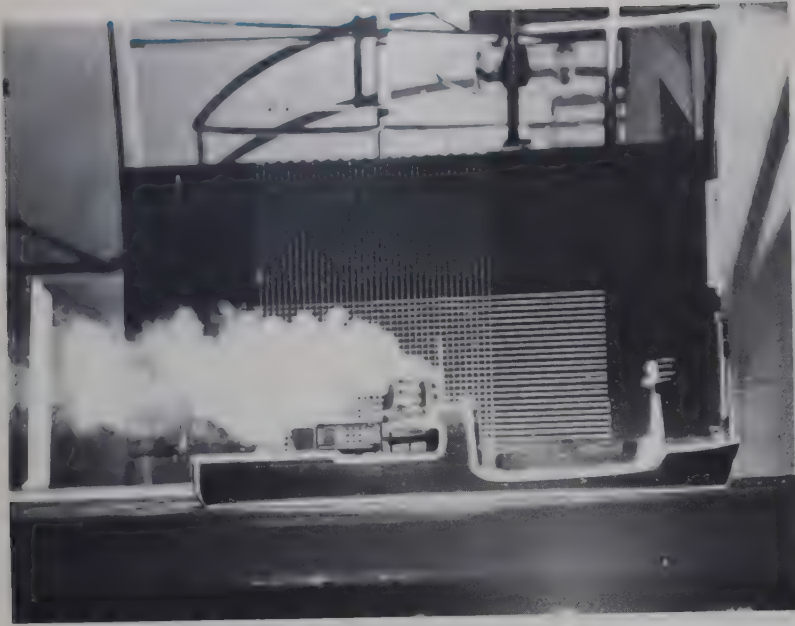
- Deux des tours élancées de l'usine d'eau lourde de la Canadian General Electric Company, de Port Hawkesbury, dans l'île du Cap Breton, vibraient sévèrement sous l'action du vent. Grâce à des essais exécutés sur une maquette dans la soufflerie de 10 x 20 pieds de la Division de génie mécanique on a pu trouver le moyen de supprimer ces vibrations.

... souffleries



A 1:150 scale aeroelastic model of the Vancouver Square Project in NAE's 30-foot wind tunnel. Wind loads, building motion and street level wind environment were investigated. • Maquette aéro-élastique au 150^e du projet du Square de Vancouver dans la soufflerie de 30 pieds de l'ÉAN. On étudie les charges dues au vent, les mouvements vibratoires des bâtiments et les configurations du vent au niveau du sol.

wind tunnels



The stack performance of the Canadian Coast Guard Ship Norman McLeod Rogers was studied in NAE's 15-foot wind tunnel. • L'influence de la cheminée du garde-côte canadien Norman McLeod Rogers sur l'écoulement des fumées a été étudiée dans la soufflerie de 15 pieds de l'ÉAN.

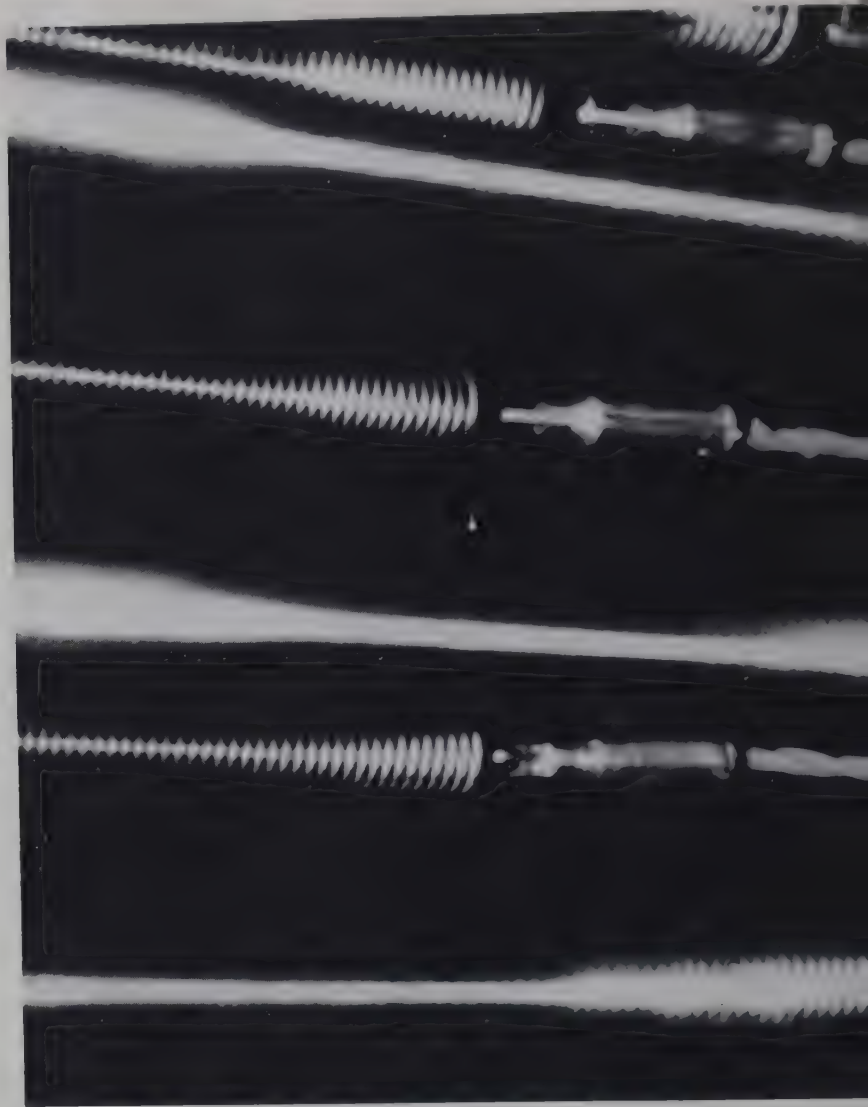


The Longs Creek Bridge on the Trans-Canada Highway near Fredericton was subject to severe vibrations as a result of wind action. Wind tunnel studies showed that the addition of triangular side sections and plating across the bottom of the bridge would eliminate any significant motion. • Le pont de Longs Creek sur la route transcanadienne, près de Fredericton, subissait des vibrations sévères sous l'action du vent. Des essais en soufflerie ont montré que si l'on ajoute des "bords d'attaque" de section triangulaire au tablier et que l'on ferme complètement le dessous à l'aide de plaques métalliques, le pont ne vibrerait pratiquement plus.

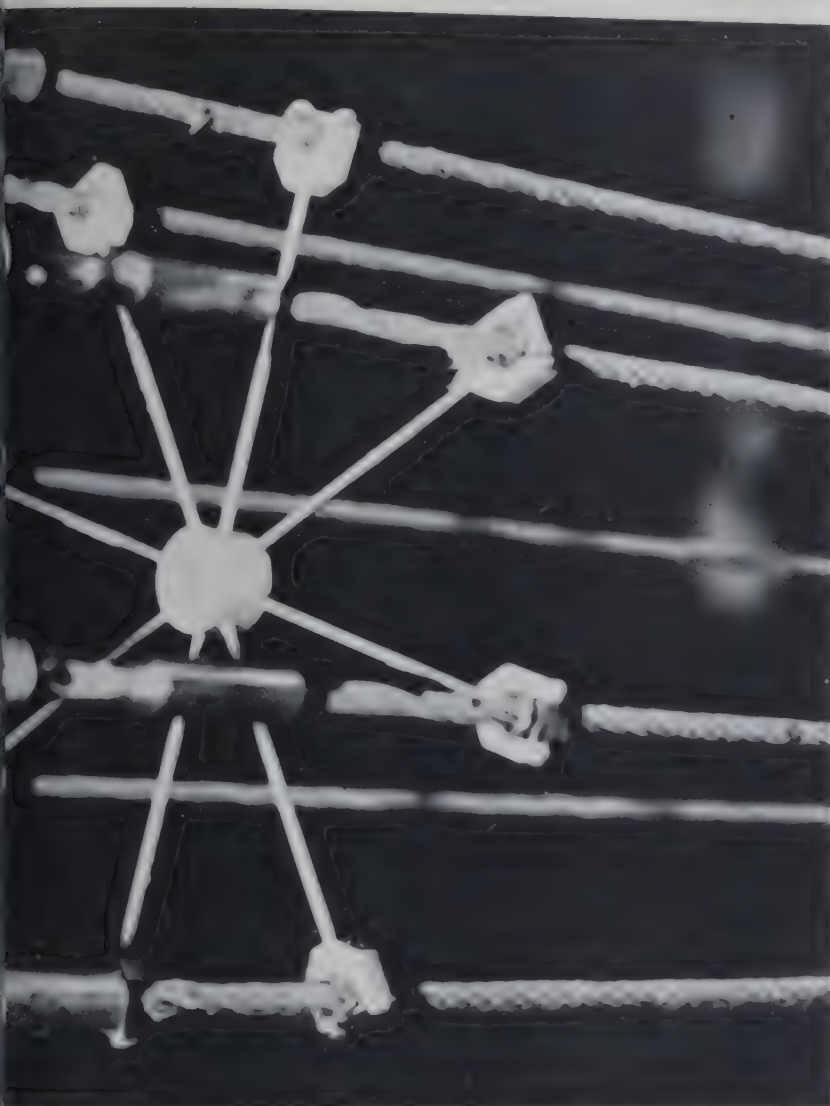
Right à droite

The Papineau-Leblanc Bridge crosses the Rivière des Prairies from Montreal Island. A seven-foot long two-dimensional model was investigated in a 7-foot by 10-foot wind tunnel test section. • Le pont Papineau-Leblanc relie les deux bords de la Rivière des Prairies bordant l'île de Montréal. Une maquette bidimensionnelle de sept pieds de long a été essayée dans la soufflerie de 7 x 10 pieds.

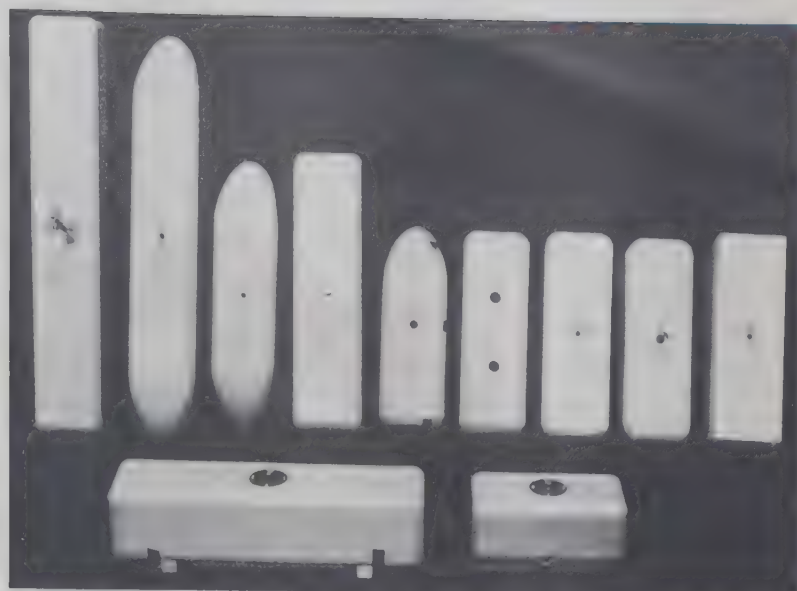
Reduced scale models of the 1.38-inch diameter cables for the James Bay Power Project used in NAE's 30-foot wind tunnel for studying wind vibration problems. Photo shows a model spacer used to maintain the geometry of the bundle of conductors. • Maquette à échelle réduite des câbles de 1.38 pouce de diamètre devant servir



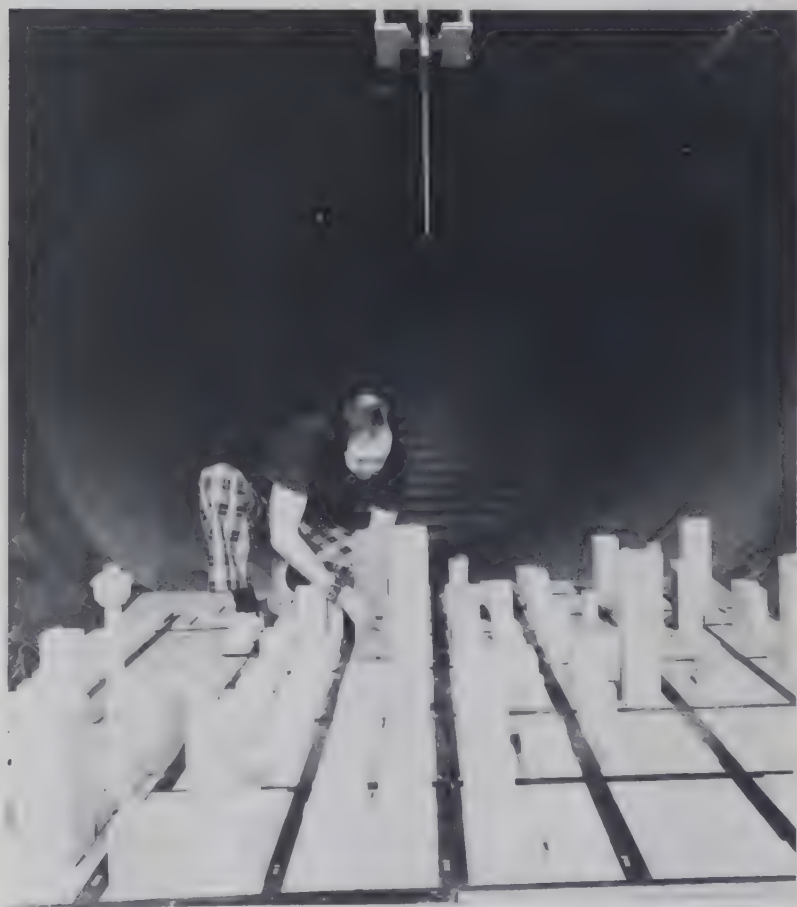
pour le projet de la Baie James et utilisée dans la soufflerie de 30 pieds de l'ÉAN pour étudier les vibrations dues au vent. Cette photo illustre un faisceau de câbles séparés les uns des autres par un dispositif spécial.



... souffleries



The Low Speed Aerodynamics Laboratory is cooperating with the Ontario Ministry of Transportation and Communications in a program of wind tunnel measurements of the wind forces on transit system vehicles. • Le Laboratoire de l'aérodynamique des faibles vitesses coopère avec le Ministère ontarien des transports et des communications pour mesurer en soufflerie les forces dues au vent sur les véhicules des systèmes de transit.



A model of a downtown section of Calgary is shown in the 6-foot by 9-foot wind tunnel. The wind pressures on a building of the Oxford Square Development are being measured and the effect of the building on the local wind conditions at street level is being investigated. • Maquette d'une partie centrale de Calgary dans la soufflerie de 6 x 9 pieds. On mesure les pressions dues au vent sur un bâtiment devant être construit dans le Square Oxford; on étudie également l'influence du bâtiment sur les configurations locales du vent au niveau de la rue.

The Comet Kohoutek— H_2O^+ in "Christmas Comet"

During the approach of the Comet Kohoutek in the autumn of 1973 stories abounded describing the elaborate scientific preparations in progress to study this newcomer to the solar system. The National Aeronautics and Space Administration (NASA) organized "Operation Kohoutek" to use the special observational advantages of Skylab, the Mariner — Venus probe, the infrared air borne observatory, and many of the orbiting satellites, while major radio and optical observatories geared their viewing schedules to the comet's passage.

Kohoutek, unfortunately, did not cooperate. Instead of blooming into the "comet of the century" as expected, it was the cosmic disappointment of the seventies, barely discernable in the evening skies of January 1974 when it had attained maximum brightness. Astronomers pronounced it a dusty comet, congealing in toffee-apple fashion on the surface, thus preventing the vaporization necessary to the formation of a visually spectacular tail.

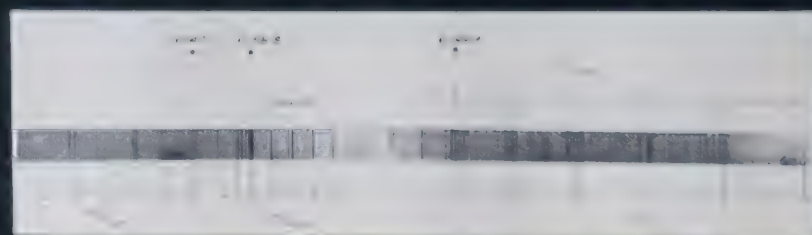
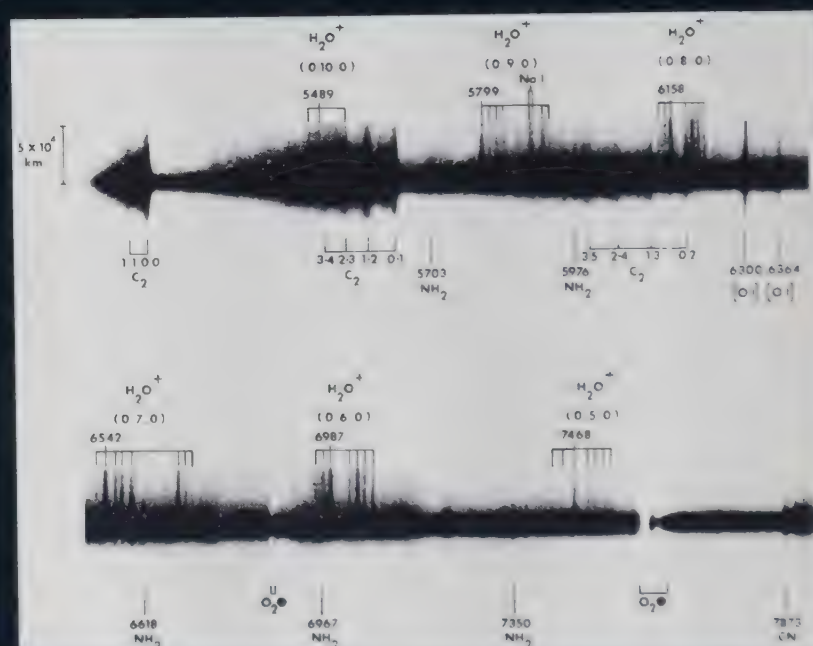
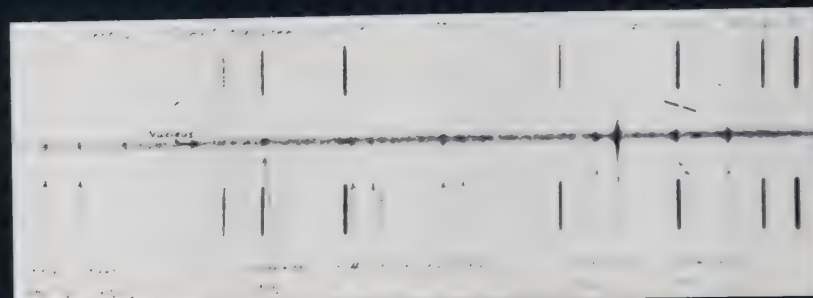
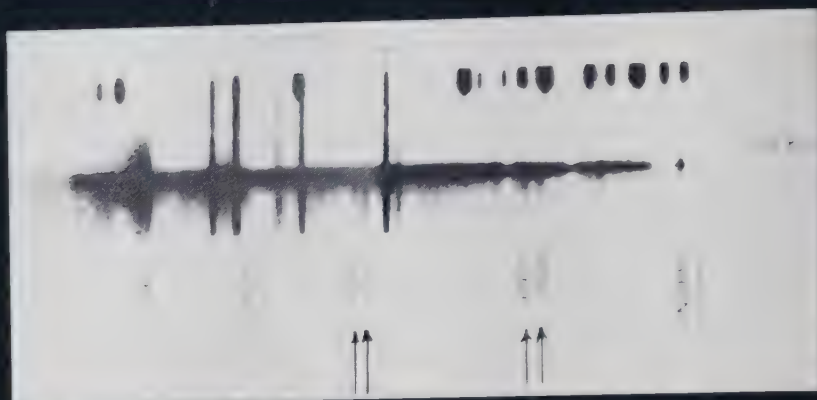
The publicity generated by Kohoutek's appearance was focussed almost entirely on the methods of observation, the huge telescopes, the space probes, and the satellites, with little information on the nature of the expected flood of data, or how scientists would translate it into meaningful information. It therefore came as a surprise when one of the more important discoveries resulting from the comet's visit originated in a darkened physics laboratory.

Through the collaborative efforts of Dr. Gerhard Herzberg, Nobel Laureate and NRC Distinguished Research Scientist, and Dr. Hin Lew of the Division of Physics' Spectroscopy Section, the molecular ion H_2O^+ was positively identified as a constituent of the comet's tail. Although theoretical considerations had long suggested the existence of the ion in comets, the absence of information on its spectrum had precluded any positive identification.

"The outer reaches of space are explored almost entirely by analysing the electromagnetic spectrum," says Dr. Herzberg, "and to identify a specific substance, one must know beforehand what its spectrum looks like. Our program of production and characterization of molecular ions has been set up with a view to explaining some of the unidentified features in the astrophysical literature. Dr. Lew had already produced H_2O^+ in the laboratory and completed much of the spectral analysis — a task that took some months — when the first photographs of the Kohoutek spectrum were received. Like so many of the events in science, this coinciding of the laboratory advance and the arrival of the comet was purely fortuitous; the work on H_2O^+ was simply one result in a larger program of molecular ion studies set up long before the appearance of Kohoutek."

The modus operandi of the program is to produce ions thought to be present in the heavens, determine their emission or absorption spectra (or both), and then review the catalogue of unidentified astronomical features to see if the new data fits the old. The primary problem in obtaining laboratory molecular ion spectra is the strong tendency for ions to recombine with other molecules or fall apart into constituent atoms. The task of identifying them in outer space lies as much then in their production and characterization in the laboratory as in picking up their spectra in a telescope.

"The H_2O^+ ion is produced in an apparatus in which neutral water is bombarded with electrons," explains Dr. Lew. "A bank of tungsten filaments is heated until they begin emitting electrons, which are accelerated toward an anode across an area



La comète de Kohoutek H_2O^+ détecté

A mesure que la comète de Kohoutek s'approchait du Soleil durant l'automne de 1973, les préparations scientifiques élaborées qui visaient à étudier ce nouvel arrivant dans le système solaire ont été abondamment décrites. La NASA a lancé l'"opération Kohoutek" consistant à utiliser le laboratoire spatial "Skylab", la sonde vénusienne "Mariner", l'observatoire aéroporté pour les études en infrarouge et de nombreux satellites tout en exploitant les observatoires radio et optiques au sol de manière à tirer le plus de renseignements possibles lors du passage de la comète.

Malheureusement, la comète n'a pas "coopéré" car, au lieu d'être la comète du siècle en raison de son éclat comme on s'y attendait, elle a été le désappointement cosmique des années 1970 et l'on a tout juste pu la discerner dans le ciel du soir en janvier 1974 quand elle a atteint sa brillance maximum. Les astronomes ont dit qu'il ne s'agissait que d'une comète poussiéreuse dont la surface ressemblait à celle d'une pomme au sucre, raison pour laquelle les matériaux de l'intérieur n'ont pu se vaporiser pour donner une queue spectaculaire.

La publicité, à l'occasion de cette comète, a été surtout centrée sur les moyens d'observation, c'est-à-dire sur les grands télescopes, les sondes spatiales et les satellites, et fort peu sur la nature des renseignements nombreux auxquels on s'attendait ou sur la manière dont les scientifiques interpréteraient ces données pour en tirer des renseignements significatifs. C'est pour cette raison que la surprise a été totale lorsque l'une des découvertes les plus importantes a été faite dans une chambre noire d'un laboratoire de physique à l'occasion du passage de cette comète.

Grâce au travail du Dr Gerhard Herzberg, Prix Nobel, et

Opposite / Page de gauche

The sequence of spectrograms that led to the identification of the H_2O^+ ion in the tail of Comet Kohoutek. The top frame is part of the spectrum of the comet taken on 29 October, 1973, with arrows indicating four unknown lines that were suspected by Dr. Herzberg and Dr. Lew of being emission features of the H_2O^+ ion. They are precisely the lines that would be expected from the molecular ion in the cold environment of the distant comet. The next frame is a spectrogram taken on 8 November, 1973, when the comet was closer to the sun, and hence brighter. The four underlined features, two of which are found in the earlier spectrum, were tentatively identified as part of the H_2O^+ emission spectrum. The next frame is a photograph taken on 10 January, 1974, shortly after the comet passed through perihelion, its closest approach to the sun. Taken at a time when the comet had attained maximum brightness, this spectrogram shows many emission lines of H_2O^+ . The bottom frame shows part of the H_2O^+ emission spectrum produced in the laboratory by Dr. Lew.

Séquence des spectrogrammes ayant conduit à l'identification de l'ion H_2O^+ dans la queue de la comète de Kohoutek. L'image supérieure est une partie de spectre de la comète pris le 29 octobre 1973; les flèches indiquent les quatre raies inconnues que les Drs Herzberg et Lew suspectaient d'être des raies d'émission de H_2O^+ . Ces raies sont précisément celles auxquelles on s'attendait comme provenant d'un ion moléculaire dans l'environnement froid de la comète encore à une grande distance. L'image suivante est un spectrogramme pris le 8 novembre 1973 alors que la comète s'approchait du Soleil et de ce fait était plus brillante. Les quatre raies soulignées ont été identifiées comme pouvant faire partie du spectre d'émission de H_2O^+ ; deux de celles-ci apparaissent dans le spectre précédent. L'image suivante est une photographie prise le 10 janvier 1974 un peu après le périhélie de la comète. A ce moment-là, la comète avait atteint sa brillance maximale et ce spectrogramme donne de nombreuses raies d'émission de H_2O^+ . L'image du bas est celle qui a été obtenue par le Dr Lew sur le spectre d'émission de H_2O^+ produit en laboratoire.

"Scientifique de haute distinction" du CNRC, en collaboration avec le Dr Hin Lew, de la section de spectroscopie de la Division de physique, il a été possible d'identifier l'ion moléculaire H_2O^+ dans la queue de la comète. Quoique des considérations théoriques avaient laissé penser depuis longtemps que cet ion existait dans les comètes, l'absence d'informations sur son spectre avait empêché toute identification positive.

Le Dr Herzberg nous a dit: "Les confins de l'espace sont presque entièrement explorés en analysant le spectre électromagnétique et, pour identifier une substance donnée, il est nécessaire de connaître auparavant le spectre de cette substance. Notre programme de production et de caractérisation des ions moléculaires a été établi en vue d'expliquer certains des points obscurs de la documentation en astrophysique. Le Dr Lew avait déjà produit H_2O^+ en laboratoire et il avait presque terminé son analyse spectrale, — travail qui lui a pris quelques mois, — lorsque les premières photographies du spectre de Kohoutek ont été reçues. Comme dans bien des cas dans le domaine scientifique, ce progrès en laboratoire s'est trouvé à coïncider avec l'arrivée de la comète; les travaux sur H_2O^+ ont été tout simplement le résultat d'un programme plus vaste d'études des ions moléculaires établi bien longtemps avant que la comète de Kohoutek n'apparaisse".

Le mode opératoire du programme consiste à produire des ions qui, pense-t-on, existent dans l'espace, à déterminer leur spectre d'émission ou d'absorption, ou les deux, puis à comparer ces derniers avec ceux du catalogue des données restées obscures en astronomie de manière à essayer de les éclaircir. La principale difficulté pour obtenir le spectre des ions moléculaires réside dans le fait que ces ions ont une forte tendance à se recombiner avec d'autres molécules ou à se séparer en atomes constitutifs. L'identification de ces ions dans l'espace lointain se trouve donc autant dans leur reproduction et leur caractérisation en laboratoire que dans leur enregistrement sur un spectre obtenu avec un télescope.

Le Dr Lew nous a dit: "L'ion H_2O^+ est produit dans un instrument qui bombarde l'eau neutre avec des électrons. On chauffe un groupe de filaments de tungstène jusqu'à ce qu'il commence à émettre des électrons qui sont accélérés vers une anode se trouvant dans une région contenant de la vapeur d'eau à faible pression. Ces électrons ont suffisamment d'énergie pour arracher des électrons des orbites des molécules d'eau et ainsi donner un plasma de H_2O^+ et d'électrons. Le spectre du plasma est photographié puis analysé pour relever les éléments dus à l'ion nouvellement formé. Quoique la plupart des raies d'émission proviennent de H_2O^+ , — et il en a des milliers —, certaines sont dues à d'autres sources comme l'hydrogène et elle doivent être éliminées pour obtenir une image vraie du spectre de l'ion".

Les événements qui ont conduit à l'identification de H_2O^+ dans la comète donnent un bon exemple de la manière, rappelant celle d'un détective, qui est utilisée pour obtenir une image plus complète des phénomènes scientifiques. La première indication concernant cette découverte est parvenue au Dr Herzberg en provenance d'un observatoire italien, à la mi-décembre 1973; il s'agissait d'un rapport d'observations faites le 29 octobre 1973 alors que la comète était encore loin du Soleil et relativement froide.

Le Dr Herzberg nous a encore dit: "Tôt après que la comète de Kohoutek est devenue visible, j'ai reçu du Dr P. Benvenuti

Comet Kohoutek—

containing water vapor at low pressure. These electrons have sufficient energy to knock other electrons from the orbitals of the water molecules, thus creating a plasma of H_2O^+ and electrons. The plasma spectrum is photographed and then analysed to pick out those elements due to the newly formed ion. Though most of the emission lines are from H_2O^+ (there are thousands of them), some are due to other sources such as hydrogen and must be eliminated to arrive at a true picture of the ion's spectrum."

The events that led up to the identification of H_2O^+ in the comet provide a good example of the detective-like manner in which evidence is pieced together in science to form a larger picture. The first clue arrived on Dr. Herzberg's desk from an Italian Observatory in the middle of December, 1973; it was a report of observations taken on 29 October, 1973, while the comet was still far out from the sun and relatively cool.

"Soon after Kohoutek became visible I received a photograph of its spectrum from Dr. P. Benvenuti and Dr. K. Wurm of the Asiago Observatory in which they indicated four prominent emission features that they could not identify," says Dr. Herzberg. "Since Dr. Lew's spectral analysis of H_2O^+ had not been available to them (it had not yet been published), we checked their unknown lines against his spectrum, and sure enough, the H_2O^+ ion had emission lines at these places."

The lines in the Italian photograph were of very low resolution, with an accuracy good to about one Angstrom at best, and there were only four matchings out of thousands of possible lines in the H_2O^+ emission spectrum. This agreement would not therefore have meant much unless there was something more in the data than just the coincidence of wavelengths. It turned out that these emission lines were precisely the ones that would be expected from the ion if the temperature of the comet was low. They corresponded to emissions involving excitation from the lowest rotational level of the ion's electronic ground state and were the most probable lines to be found in the cold environment of the distant comet.

Shortly thereafter the NRC scientists learned of a bulletin from the International Astronomical Union (IAU) containing observations of the comet by Dr. G.H. Herbig of the Lick Observatory in California. Dr. Herbig's spectrogram, taken on November 8, 1973, contained two of the unidentified lines from the Italian photograph, as well as a third line, also unknown. All three of his lines were in good agreement with values listed in Dr. Lew's table for H_2O^+ , and the resolution was greater than in the Italian spectra by a factor of seven.

"We felt sufficiently certain of the evidence by this time that we wrote a paper entitled, 'The Tentative Identification of H_2O^+ in the Tail of Comet Kohoutek'," says Dr. Herzberg, "and sent a copy to NASA which in turn alerted the central office of the IAU. The IAU routinely sends out telegrams all over the world informing astronomers of recent developments in the field. About a month later, in the middle of January, 1974, we received a telephone call that provided virtually conclusive evidence for the presence of the ion in the comet tail."

The call came from two Israeli astronomers, Dr. P. Wehinger and Dr. S. Wyckhoff at the Wise Observatory in Israel's Negev desert, who had photographed the comet tail with the aid of a device called an image intensifier on the night of January 10, 1974. A recent development for use in night viewing, this instrument was ideally suited to photography in the red-yellow spectral region where the H_2O^+ lines occur and photographic plates are "slow" (do not pick up details well). The resultant spectrogram contained a number of lines which the astronomers could not identify. Since they were aware of the IAU Herzberg-Lew bulletin, they made some rough measurements and telephoned Canada.

"They read off some line wavelengths over the telephone," says Dr. Herzberg, "and we compared them with the H_2O^+ table. Though their data corresponded to emission lines in our



The Comet Kohoutek, photographed on 29 November 1973, at Cerro Tololo, Chile, when it was still 90 million miles from the sun. During the 20-minute exposure, the comet moved against the background stars, and because the telescope was set to track it, the stars show up as short streaks. The molecular ion H_2O^+ was identified in the comet tail, seen extending across the photograph from the head region. • La comète de Kohoutek photographée le 29 novembre 1973, à Cerro Tololo, au Chili, alors qu'elle était encore à 90 millions de miles du Soleil. Au cours d'une exposition de 20 minutes, la comète s'est déplacée sur un fond étoilé et, comme le télescope la suivait, les étoiles apparaissent sous forme de tirets lumineux. L'ion moléculaire H_2O^+ a été identifié dans la queue de la comète dont on peut voir également la tête et la chevelure.

spectrum, their figures were not precise and we had to wait for more accurate measurements to be made."

Two weeks later the spectrogram arrived from the Negev observatory, followed somewhat later still by precision measurements of the lines.

"We knew simply by looking at the spectrum that it was H_2O^+ ," says Dr. Lew. "It showed the same progression of bands, or groupings of emission lines, as the H_2O^+ ion; there was the same alternation between two distinct types of band structures. The arrival of the precise measurements merely added to the weight of evidence indicating the presence of the ion. About the same time Dr. Herbig also sent along even more precise data, putting the identification beyond a shadow of a doubt. A paper summarizing these results, entitled 'The Identification of H_2O^+ in the Tail of the Comet Kohoutek (1973f)' and authored by the two Israelis, Dr. Herbig and ourselves, has been published in the Astrophysical Journal Letters."

The identification of H_2O^+ in the tail of Comet Kohoutek provides the first conclusive evidence for the presence of water in comets, and lends support to F.L. Whipple's description of these cosmic wanderers as "dirty snowballs" rather than say, "gravel banks", as suggested by another cosmological hypothesis. Over the years several ions and radicals have been identified in comet tails, and though it is assumed that these "daughter products" originate through the action of radiation and the solar wind on parent compounds in the nucleus, these latter substances have never been directly identified. The hydroxyl radical is an example of a daughter product found in comet tails. Though it has been suggested that it arises from water in the nucleus, an unequivocal identification has not been possible because it could also derive from methanol, a substance known to be a constituent of the interstellar medium. The radicals NH_2 and C_3 , first analysed by the NRC Spectroscopy Laboratory, are other examples of molecules identified in comets that can originate from more than one parent compound. With H_2O^+ , however, there is very little room for speculation. It could only have come from water. As Dr. Herzberg explains: "This evidence for the presence of H_2O^+ makes it very difficult to conclude otherwise than that neutral H_2O is also present. It is only slightly less direct than the observation of the radio frequency line of water itself." □ Wayne Campbell

La comète . . .

et du Dr K. Wurm, de l'Observatoire Asiago, une photographie de son spectre dans lequel ces savants avaient indiqué quatre caractéristiques d'émission remarquables qu'ils ne pouvaient pas identifier. Puisque l'analyse spectrale du Dr Lew de H_2O^+ ne leur avait pas été communiquée, — tout simplement parce qu'elle n'avait pas encore été publiée, — nous avons comparé ces deux spectres et nous avons trouvé qu'il était certain que l'ion avait des raies d'émission en ces endroits".

Les raies de la photographie italienne étaient de très faible résolution et la précision n'était que d'un angström environ au mieux; en outre, il n'y avait que quatre raies en accord sur les milliers de ce spectre d'émission de H_2O^+ . En conséquence, cet accord n'aurait pas eu grande signification à moins de trouver autre chose dans les données que cette coïncidence de longueurs d'ondes. Il s'est trouvé que ces raies d'émissions étaient précisément celles auxquelles on se serait attendu de la part de l'ion si la température de la comète était faible. Elles correspondaient à des émissions impliquant une excitation à partir du niveau rotationnel le plus bas de l'état fondamental électronique de l'ion et elles étaient les raies les plus probables que l'on puisse trouver dans l'environnement froid de la comète très éloignée.

Peu après, les scientifiques du CNRC ont eu connaissance par un bulletin de l'Union internationale d'astronomie (IAU) des observations de la comète faites par le Dr G.H. Herbig, de l'Observatoire Lick, en Californie. Le spectrogramme du Dr Herbig, pris le 8 novembre 1973, contenait deux des raies non identifiées de la photographie italienne et une troisième raie, également inconnue. Ces trois raies étaient en bon accord avec les valeurs données par le Dr Lew dans sa table sur H_2O^+ et la résolution était de sept fois plus grande que dans les spectres italiens.

Le Dr Herzberg nous a encore dit: "A ce moment-là, notre certitude a été suffisante pour que nous écrivions une communication intitulée "The Tentative Identification of H_2O^+ in the Tail of Comet Kohoutek" (L'identification provisoire de H_2O^+ dans la queue de la comète de Kohoutek) et nous en avons envoyé une copie à la NASA qui, à son tour, a alerté l'Office central de l'Union internationale d'astronomie. L'Union internationale d'astronomie envoie automatiquement des télégrammes aux astronomes du monde entier pour les

Dr. Hin Lew (left) discusses a feature of the H_2O^+ emission spectrum with Dr. Gerhard Herzberg. Produced in the laboratory by Dr. Lew, the spectrum was used to identify the molecular ion in the tail of Comet Kohoutek. • Le Dr Hin Lew (à gauche) discute un point de l'émission de H_2O^+ avec le Dr Gerhard Herzberg. Le spectre a été produit en laboratoire par le Dr Lew et a servi à identifier l'ion moléculaire dans la queue de la comète de Kohoutek.



informer des développements récents dans ce domaine. Un mois plus tard environ, vers la mi-janvier 1974, nous avons reçu un appel téléphonique qui nous a fourni une preuve virtuellement concluante de la présence de l'ion dans la queue de la comète".

L'appel provenait de deux astronomes israéliens, le Dr P. Wehinger et le Dr S. Wyckhoff, de l'Observatoire Wise, dans le désert du Négév, en Israël; ces deux savants avaient photographié la queue de la comète à l'aide d'un dispositif appelé "intensificateur d'images", durant la nuit du 10 janvier 1974. Cet instrument constitue un développement récent pour les observations de nuit et il est idéal pour photographier dans la région rouge-jaune du spectre, c'est-à-dire où les raies de H_2O^+ se produisent car les plaques photographiques sont "lentes" et n'enregistrent pas bien les détails. Le spectrogramme contenait un certain nombre de raies que les astronomes n'ont pas pu identifier. Puisque ces astronomes connaissaient la communication de Herzberg et de Lew, grâce à l'IAU, ils ont fait quelques mesures et ont téléphoné au Canada.

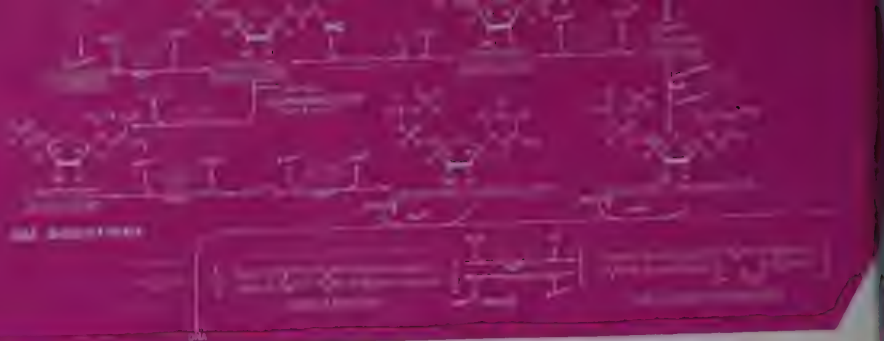
Le Dr Herzberg nous a dit: "Ils nous ont lu les valeurs de quelques longueurs d'ondes correspondant aux raies et nous les avons comparées avec les valeurs de la table de H_2O^+ . Quoique leurs données correspondaient aux raies d'émission dans notre spectre, les valeurs données par eux n'étaient pas précises et nous avons dû attendre pour avoir des mesures plus précises".

Deux semaines plus tard, le spectrogramme de l'Observatoire du Négév est arrivé et il a été suivi un peu plus tard de mesures de précision des raies.

Le Dr Lew nous a dit: "Il nous a suffi de regarder le spectre pour voir qu'il s'agissait de H_2O^+ . Le spectrogramme montrait la même progression de bandes, c'est-à-dire de raies d'émission groupées que dans l'ion H_2O^+ ; on observait la même alternance entre deux types distincts de structures de bandes. Lorsque les mesures de précision sont arrivées, elles n'ont fait qu'ajouter à l'évidence de la présence de l'ion. A peu près au même moment, le Dr Herbig nous a aussi envoyé des données encore plus précises nous permettant d'identifier l'ion sans aucun doute. Une communication résumant ces résultats, intitulée "L'identification de H_2O^+ dans la queue de la comète de Kohoutek" (1973 F), et dont les auteurs sont les deux Israéliens, le Dr Herbig et nous-mêmes, a été publiée dans les "Lettres du Journal d'astrophysique" (Astrophysical Journal Letters).

L'identification de H_2O^+ dans la queue de la comète de Kohoutek donne la première preuve qu'il y a de l'eau dans les comètes et elle appuie la théorie de F.L. Whipple selon laquelle ces "vagabondes" du cosmos ne seraient que des boules de neige sales plutôt que, par exemple, des "tas de graviers" comme on le suggère dans une autre hypothèse cosmologique. Au cours des années, plusieurs ions et radicaux ont été identifiés dans les queues de comètes et quoique l'on suppose que ces "produits filles" ont leur origine dans l'action des rayonnements et du vent solaire sur des composés parents dans les noyaux, ces dernières substances n'ont jamais été directement identifiées. Le radical hydroxyle est un exemple d'un "produit fille" trouvé dans les queues de comètes. Quoique l'on ait proposé qu'il est produit en partant de l'eau du noyau, une identification sans équivoque n'a pas encore été possible en raison du fait qu'il pourrait également dériver du méthanol, substance connue comme étant un constituant du milieu interstellaire. Les radicaux NH_2 et C_3 , d'abord analysés par le Laboratoire de spectroscopie du CNRC, sont d'autres exemples de molécules identifiées dans les comètes et qui peuvent avoir leur origine dans des composés différents mais parents. Toutefois, dans le cas de H_2O^+ , on ne peut guère se livrer à des spéculations; il ne peut provenir que de l'eau. Comme le Dr Herzberg nous l'a expliqué: "La présence de H_2O^+ ayant été démontrée, il est très difficile de ne pas conclure également à celle de H_2O neutre. C'est tout simplement un peu moins direct que l'observation de la raie de l'eau elle-même dans la fréquence radio". □

Computer model of the cell— A program for life



How could a computer be programmed to act like a living cell? How could a mass of electrical circuitry, transistors, metal and glass simulate the myriad of interlocking chemical reactions that characterize the protoplasm, the inner fluids and structures of the cell? Not only are there many hundreds of chemical processes taking place continuously, but they all intermesh to maintain the cell in a state of dynamic equilibrium, a condition of balance determined by sophisticated feedback mechanisms governing the levels of the various chemicals. Who would presume then that mere machinery could simulate this incredibly complex substance, this manifestation of the vital phenomenon in nature?

Well, an engineering professor at the University of Toronto, for one.

Professor E.J. Davison of the Electrical Engineering Department has worked out a computer program that simulates the steady state behavior of a cell as it grows and divides through normal stages from one generation to another. Though in itself this is a feat worthy of note in the control systems field, it is superseded in importance by the second stage of his work. By tinkering with the internal dynamics of the computer model of the cell, Dr. Davison caused it to change (or mutate) into a larger, faster growing system that appears to mimic cancerous growth. Further, his model is sufficiently exact that he can look into the maze of interlocking molecular machinery and pinpoint the precise chemical change responsible for the conversion to the malignant state.

Dr. Davison is the 1974 recipient of the E.W.R. Steacie Memorial Fellowship, awarded each year by the National Research Council of Canada to a young scientist who has distinguished himself in a particular field of research. Dr. Steacie was President of NRC from 1952 until his death in 1962. At present Dr. Davison is a leading authority in linear control theory, a field that translates at the practical level into mathematical models that describe the behavior of such physical systems as rockets, aircraft, nuclear reactors, and the various production systems of industry.

Mathematical modeling has been in use for years in the engineering sciences, but it has never been applied to a problem as complex as that posed by the chemistry of life. Linear control theory tends to be an abstract field, far removed from the down to earth, practical research of cell biology, but Dr. Davison has been able to bridge the gap between these two diverse disciplines.

"The motivation for the study," says Dr. Davison, "lay in the fact that these mathematical models have been shown to work beautifully in their simulation of the real world. Take the flight of the Mariner spacecraft to Mars as an example. The mathematics predicted the precise path the probe would take as it flew by the planet, and sure enough, observations demonstrated that the actual trajectory correlated well with the computer model."

Though mathematical modeling may sound like an esoteric subject that lies beyond the reach of the average man, the principles involved are actually quite straightforward. The structure of the mathematics is simply arranged to correspond with the physics of the system being considered. In describing a rocket and the nature of its flight, for instance, the observer has a great deal of information at his disposal. There are

characteristics such as the rocket mass, the thrust generated by fuel, the gravitational force of the Earth, the angle of flight and so on. There are also the experimental laws of physics such as the conservation of mass, energy, and momentum, and Newton's laws of motion.

"One simply applies these laws to obtain a mathematical model of the rocket", says Dr. Davison. "A series of ordinary differential equations are set up, one for each of the characteristics listed, and fed into a computer for solution. The resultant model is then compared with the real physical system to see how well its predictions correlate with the rocket's behavior. Usually you start with a relatively simple model which does not correlate well, and increase its complexity (by taking more characteristics into account) until the input-output data agrees with the experimental set-up. For example, an additional characteristic that could be included in this model to increase its precision is the moon's gravity; though not a force that would significantly alter atmospheric or earth orbital flights, nonetheless it has some small effect on the real system."

Attempting to describe the workings of a cell in the same manner is much more difficult because of the far greater complexity of the system. Since Dr. Davison was interested in simulating a cell actively growing and dividing, he confined his description to the chemistry of the nucleus, the site of the reproductive events in cell division. As a cell matures from the daughter stage — the beginning of its creative life — the levels of the various constituent chemicals, both in the nucleus and the surrounding cytoplasm, increase until growth stops and division occurs. The process then recurs in the new generation and so on.

"The criterion we imposed on the model system was as follows," says Dr. Davison. "From the daughter stage to the mature parent cell about to divide, our hypothesis was that all chemical constituents of the nucleus, such as proteins, nucleic acids, lipids and sugars, double their mass. That way the contents of the next daughter generation will be exactly the same as the original (one parent gives two daughter cells) and a steady state system will be maintained. After preliminary tests, it was decided that, in order to achieve a model that satisfactorily simulated a living system, at least 19 chemical levels, or characteristics, would have to be described by the mathematics. Comparing this number to the seven or eight characteristics used to describe a rocket system gives some idea of the complexity involved in cellular chemistry. Now, the problem we faced was that these levels are maintained by over 100 known chemical reactions in the nucleus, and few if any of the quantitative factors (rate constants) that determine how fast these chemical reactions occur are known with any accuracy. Though much is known of the cell nucleus in a qualitative sense, very little is known of the quantitative relationships between these cell constituents."

The general form of the mathematical model constructed by Dr. Davison was a set of differential equations embodying the 100 unknown rate constants and describing the changes in the various chemical levels with respect to time. The computer was instructed to arbitrarily assign values to the rate constants and to begin solving the equation, observing all the time intervals from the beginning to see if there was a point when all 19 levels were double their original or daughter stage values. When the

Modèle mathématique de la cellule Un programme de la vie

Comment peut-on programmer un ordinateur pour qu'il simule une cellule vivante? Comment une masse de fils électriques, de transistors, de métal et de verre peut-elle simuler les réactions chimiques, en relation les unes avec les autres et si nombreuses qui caractérisent le protoplasme, les fluides internes et les structures de la cellule? Non seulement il existe des centaines de processus chimiques continus mais aussi ces processus agissent les uns sur les autres pour que la cellule soit en équilibre permanent, équilibre déterminé par des mécanismes à rétroactions compliquées qui contrôlent les niveaux des diverses substances chimiques. Qui pourrait alors penser qu'une machine puisse reproduire ces processus incroyablement complexes?

Le Dr E.J. Davison, professeur du Département de génie électrique de l'Université de Toronto y a pensé et il a établi un programme permettant à un ordinateur de simuler le comportement d'une cellule de sa naissance à sa division en deux cellules "filles". Quoique ce travail soit déjà remarquable dans le domaine des systèmes de contrôle, il est dépassé par la phase suivante car, en jouant sur la dynamique interne de la cellule telle qu'elle a été décrite à l'ordinateur, le Dr Davison a obtenu une croissance plus importante et plus rapide simulant celle des tumeurs cancéreuses. De plus, son modèle est suffisamment exact pour qu'il puisse examiner le fonctionnement moléculaire le plus complexe et préciser les changements chimiques à la base de la conversion en un état de croissance maligne.

En 1974, le Dr Davison a reçu la bourse commémorative "E.W.R. Steacie" du Conseil national de recherches du Canada. Cette bourse est accordée à un jeune scientifique qui s'est distingué dans un domaine particulier de la recherche. Le Dr Steacie a été président du Conseil national de recherches de 1952 jusqu'à sa mort en 1962. Le Dr Davison est devenu une autorité dans le domaine de la théorie du contrôle linéaire, domaine grâce auquel on peut simuler à l'aide de modèles mathématiques le comportement de systèmes physiques tels que les fusées, les avions, les réacteurs nucléaires et les différents systèmes de production industrielle.

Les modèles mathématiques servent depuis des années à simuler des phénomènes complexes résultant de l'application des sciences mais ils n'ont jamais été utilisés pour simuler un problème aussi complexe que celui qui est posé par les processus chimiques à la base de la vie. La théorie du contrôle linéaire semble appartenir à un domaine abstrait très éloigné de l'aspect matériel de la recherche en biologie cellulaire. Toutefois, le Dr Davison a pu établir un lien entre ces deux disciplines et il nous a dit: "Nous avons été amenés à faire cette étude parce que les modèles mathématiques ont, jusqu'à maintenant, donné d'excellents résultats pour simuler le monde réel. Souvenons-nous, par exemple, du vol de la sonde martienne "Mariner". Grâce aux modèles mathématiques on a pu prévoir avec précision la trajectoire de la sonde jusqu'à la planète Mars et les résultats ont montré que la trajectoire effectivement suivie était très proche de celle qui avait été prévue par le modèle mathématique".

Quoique le modèle mathématique puisse apparaître à certains comme un sujet ésotérique bien au-delà de ce que l'homme de la rue peut comprendre, il n'en reste pas moins que les principes impliqués sont en fait assez simples. Les relations

mathématiques sont tout simplement établies pour représenter les aspects physiques du système considéré. En décrivant une fusée et sa trajectoire, par exemple, on dispose de nombreuses données comme le poids de la fusée, la poussée du moteur, les forces d'attraction de la Terre, etc., et l'on dispose aussi de lois et de principes comme les lois de Newton et de la conservation des masses, de l'énergie et des quantités de mouvement.

Le Dr Davison a poursuivi: "Il suffit d'appliquer ces lois pour obtenir un modèle mathématique de la fusée. Un système d'équations différentielles ordinaires est établi, chacune des équations correspondant à l'une des lois dont nous venons de donner des exemples. Les solutions sont calculées par l'ordinateur et les résultats sont alors comparés à ceux du système physique réel. Ainsi, on peut voir jusqu'à quel point les prévisions mathématiques sont proches du comportement réel de la fusée. Habituellement, on commence avec un modèle relativement simple dont les solutions peuvent être assez éloignées de la réalité; puis on en augmente la complexité en faisant entrer en jeu des caractéristiques supplémentaires jusqu'à ce que les résultats soient proches de ce que l'on a observé en vol. Pour augmenter la précision du modèle on pourrait, par exemple, tenir compte de l'attraction de la Lune quoique cette attraction n'est pas suffisante pour avoir une forte influence sur les orbites terrestres ou sur les trajectoires atmosphériques".

D'essayer de décrire le fonctionnement d'une cellule de la même manière est beaucoup plus difficile car le système réel lui-même est beaucoup plus complexe. Le Dr Davison s'intéressant à simuler la croissance d'une cellule et sa division en deux, il a borné sa description aux processus chimiques dans le noyau où ont lieu les "événements" de la reproduction cellulaire. A mesure qu'une cellule grandit, les niveaux des différents constituants chimiques dans le noyau et dans le cytoplasme augmentent; à l'âge adulte, ces niveaux se stabilisent, la division en deux se produit et le processus recommence.

Le Dr Davison nous a dit: "Nous nous sommes servis d'un critère pour délimiter notre modèle, c'est-à-dire que nous avons considéré ce qui se passe entre le moment où la cellule n'est encore qu'une cellule fille jusqu'à celui où elle va se diviser et devenir une cellule parente; nous avons donc fait l'hypothèse que tous les constituants chimiques du noyau comme les protéines, les acides nucléiques, les lipides, les sucres, doublent leur masse pendant cette période. De cette manière, les cellules filles auraient la même constitution que les cellules mères. Ainsi une cellule parente donne deux cellules filles et le système devient permanent. Après avoir fait des essais préliminaires, nous avons été conduits à décider que, afin d'avoir une bonne simulation, il serait nécessaire d'avoir au moins 19 niveaux chimiques, ou caractéristiques, décrits par les équations. Il est à remarquer que, dans le cas d'une fusée par exemple, il suffit d'avoir sept à huit caractéristiques pour décrire le système; on peut donc se rendre compte de la complexité des processus chimiques à l'intérieur de la cellule. Nous nous sommes alors trouvés en face d'un problème très difficile puisque ces niveaux sont donnés par plus de 100 réactions chimiques connues dans le noyau et que l'on ne connaît que quelques-unes des valeurs numériques des



Dr Edward Davison examines readout material associated with his computer-simulation of the living cell. • Le Dr Edward Davison examine des résultats de la simulation de la cellule vivante à l'aide d'un ordinateur.

computer recognized that the cell was not doubling up, that it was not in fact behaving like a cell, it then rejected these rate constant values and chose another set. The problem with this trial and error approach however was in the astronomical number of possible sets involved. It would have taken the world's largest computer literally thousands of years to complete the job.

"Instead of leaving the search purely to chance then," says Dr. Davison, "a sophisticated search technique (appropriately called the Monte Carlo procedure) was employed to narrow the field of possibilities. The procedure, which amounts to imposing restraints on the problem while at the same time allowing the computer to do the search as automatically as possible, took over two years of computation and interpretation on an IBM 370, one of the largest computers in Canada. In the 100 or so hours of machine time used, the computer examined millions of rate constant sets before finding the one that fulfilled the requirements of the doubling-up criterion.

The successful model arrived at by the computer contained a set of chemical rate constants that resulted in all 19 characteristics doubling their mass at the same time after initiation of the cell's 'life'. The chemistry of the living, growing nucleus had thus been emulated, at least insofar as it satisfied the basic hypothesis. (Although there is no direct experimental justification for this doubling-up criterion, it is a simple and reasonable assumption in cell division, an area of biology that is not well understood). The acid test for the cell model, as for the rocket, was in how well its performance agreed with the living system.

Though most of the published data in this area is qualitative (there are few quantities available) Dr. Davison's search of the literature showed that the experimental output of the biologist correlated well with the mathematical output of the cell model.

"If living cells in a culture medium absorb too much iron for example," says Dr. Davison, "experiment shows that they will die. Similarly, if the computer model is 'fed' too much iron the steady state is disrupted very quickly and it dies too."

Satisfied that the computer cell was a good simulation of the real thing, Dr. Davison then began introducing disturbance into the model to see how it would react. By varying the rate

constants or the chemical levels of the normal system, (that is, by disturbing it) he hoped to learn something of its flexibility and perhaps the answers to some basic biological questions.

What alterations would lead to cellular death? What, if any, were the changes that would result in mutation?

"It turned out that almost every disturbance of the model resulted in death," Dr. Davison says. "Of the multitude of alterations imposed on the cell over an entire year there were only four cases in which death did not occur, and it turned out that these four alterations were simply different ways of effecting the same specific change in the nuclear chemistry."

Instead of dying, the cell swept through a transitional stage and emerged in a new steady state that was two to ten times larger and grew at a rate that was about five times faster than the 'nominal' or normal cell. The energy requirement of this new 'fast' cell was considerably larger than the nominal and it was extremely robust in the sense that most disturbances would not kill it. Further, the opposite disturbance to the one that initiated the change had no effect on the mutant. Large, robust, and distinguished by rapid growth — it had all the earmarks of a cancer cell.

"In each of the four cases, the change that caused the 'malignancy' was in the rate constant of a chemical reaction contributing to the synthesis of messenger-RNA," says Dr. Davison. "This substance acts as a template or pattern for the synthesis of protein, a vital building material in cell growth. The shift itself was not very large, but as the cell continued to divide the effect accumulated until the originally small error had become very significant by the fourth or fifth generation. When the transition was over and the 'fast' cell steady state was attained, a return to the normal rate constant did not lead to a reversion to the nominal state.

"What was really surprising was that there were not other chemical changes that would cause the transition. It appeared that this disturbance of messenger-RNA synthesis was the only alteration that would effect the transformation to malignancy."

This work has generated such interest that university groups from Cambridge in Britain and Princeton and Berkeley in the United States intend to test predictions of the model in the laboratory, hopefully in a quantitative manner. A basic problem in comparing the living system with the computer model of the cell is in the correlation of real external effects such as cosmic radiation or toxic agents with the variation of the parameters in the model. The precise effects of these outside stimuli on the inner cell are simply not well known. How, for example, does a blast of radiation affect the internal chemistry? What is the mechanism whereby a cell's neighbors shut down its reproductive machinery? A knowledge of these effects would make the computer model a very powerful tool in biological research, allowing experimenters to do work in seconds on the machine model that would take months in the laboratory.

One of the reasons that cures for the various types of cancer have been so long in coming is a lack of knowledge concerning both the causes of the disease and the preliminary steps that lead to the condition. Science must have a handle, a grasp of the disease's cause and mechanism, before effective cures can be considered. Dr. Davison's model may not only help to elucidate the primary chemical steps involved, but give some idea of what cancer actually is as well.

"The structure of the model is that of a cell without contact with the outside," says Dr. Davison. "The description is of the nuclear chemistry alone, and none of the interactions between the nucleus and the cytoplasm or between neighboring cells are considered in the model. The model's behavior therefore suggests that cancer is a very basic property of the cell, that it moves into the malignancy mode in a spontaneous manner when exposed to certain types of disturbance." □

Wayne Campbell

... la cellule

constantes affectant les expressions exprimant les vitesses de réaction. Quoique l'on sache beaucoup de choses sur les processus dans le noyau du point de vue qualitatif, on ne sait que très peu de choses du point de vue quantitatif sur les constituants de la cellule comme, par exemple, l'ARN et l'ADN.

La forme générale du modèle mathématique établi par le Dr Davison consistait en un système d'équations différentielles comprenant les cent constantes aux valeurs inconnues et décrivant les variations temporelles des différents niveaux chimiques. L'ordinateur a été programmé pour qu'il puisse donner des valeurs arbitraires à ces constantes, résoudre les équations et vérifier après les intervalles de temps prévus qu'il n'était pas arrivé au point où les 19 niveaux avaient des valeurs doubles des valeurs d'origine, c'est-à-dire les valeurs assignées aux cellules filles. Lorsque l'ordinateur reconnaissait que la cellule "mathématique" ne doublait pas ses valeurs, c'est-à-dire en fait qu'elle ne se comportait pas comme une cellule vivante, il rejetait les valeurs numériques choisies pour les constantes et il en choisissait d'autres. L'ordinateur travaillait donc par tâtonnement ce qui conduisait à un nombre astronomique d'essais qui auraient pris des milliers d'années de calcul par le plus grand ordinateur du monde.

Le Dr Davison nous a dit: "Au lieu de laisser l'ordinateur chercher tout à fait au hasard, nous avons utilisé une technique appelée "méthodes de Monte Carlo". Ces méthodes consistent à imposer des conditions à remplir et à laisser l'ordinateur chercher aussi automatiquement que possible; ce travail de plus de deux années a exigé environ 100 heures de calcul sur IBM 370, l'un des plus grands ordinateurs au Canada, au cours desquelles l'ordinateur a essayé des millions de valeurs numériques pour les constantes affectant les vitesses avant de trouver celles qui satisfaisaient aux conditions du critère de doublement.

Comme le modèle obtenu par l'ordinateur contenait un groupe de constantes des vitesses de réaction chimique tel que toutes les 19 caractéristiques avaient doublé leur masse en même temps, on avait donc simulé les processus chimiques du noyau vivant et se développant, tout au moins dans le cadre des hypothèses de départ. Quoique ce critère de doublement ne soit pas directement prouvé par l'expérience, il semble raisonnable de s'en servir tout au moins dans ce domaine mal compris de la division cellulaire. Le vrai test pour ce modèle cellulaire, comme dans le cas de la fusée, consiste à comparer les résultats obtenus à ceux d'un système vivant.

Quoique les données publiées dans ce domaine soient pour la plupart uniquement qualitatives, les recherches faites par le Dr Davison dans la documentation ont montré que les résultats donnés par des expériences réelles sont proches des résultats obtenus avec le modèle mathématique.

Le Dr Davison nous a dit: "Si, par exemple, des cellules vivantes dans un bouillon de culture absorbent trop de fer, l'expérience montre qu'elles meurent. De la même manière, si la cellule simulée par le modèle mathématique reçoit trop de fer l'état permanent est perturbé très rapidement et la cellule mathématique meurt également".

Le modèle mathématique ayant donné une bonne simulation de la cellule vivante, le Dr Davison a commencé à injecter des valeurs numériques représentant des perturbations de manière à obtenir une réaction. En faisant ainsi varier les constantes affectant la vitesse ou les niveaux chimiques du système normal, il espérait apprendre quelque chose sur la souplesse du modèle et peut-être aussi trouver des réponses à quelques questions biologiques fondamentales.

Quelles seraient les perturbations conduisant à la mort de la cellule? Quels seraient les changements qui pourraient conduire à une mutation?

Le Dr Davison nous a dit: "On a trouvé que presque toutes les perturbations du modèle conduisaient à la mort de la cellule. Nous en avons essayé une multitude pendant une année entière

et seulement quatre de ces perturbations n'ont pas conduit à la mort et, dans ces quatre cas, on a trouvé qu'il s'agissait tout simplement de différentes manières d'obtenir le même changement spécifique dans les processus chimiques du noyau".

Au lieu de mourir, la cellule est passée par un régime transitoire et elle est entrée dans un nouvel état permanent caractérisé par des dimensions de 2 à 10 fois plus grandes et une vitesse de croissance égale à environ cinq fois celle de la cellule de départ, c'est-à-dire de la cellule normale. L'énergie nécessaire pour que la cellule se développe si rapidement était beaucoup plus grande que dans le cas de la cellule normale; en outre, cette nouvelle cellule était extrêmement robuste en ce sens que la plupart des perturbations ne la tuait pas. De plus, la perturbation opposée à celle qui avait déclenché cette transition et ce nouvel état n'avait pas d'effet sur la cellule mutante. Ces nouvelles cellules, grandes, robustes et à croissance rapide, avaient toutes les caractéristiques des cellules cancéreuses.

Le Dr Davison nous a dit: "Dans chacun des quatre cas, la transformation de la cellule normale en cellule maligne provenait d'un changement d'une constante affectant une vitesse de la réaction chimique contribuant à la synthèse de l'ARN messager". Cette substance agit comme gabarit pour la synthèse des protéines qui sont indispensables à la croissance des cellules. Ce changement n'était pas tellement grand mais, à mesure que la cellule continuait de se diviser, son effet était cumulatif et atteignait une grande valeur après la quatrième ou la cinquième génération. Après un régime de transition, l'état permanent de la cellule "rapide" était atteint mais un retour à la valeur normale de la constante ne conduisait pas à un retour de l'état normal.

"Ce qui était réellement surprenant se trouvait dans le fait qu'il n'y avait pas d'autres changements chimiques pouvant causer la transition. Il est apparu que cette perturbation dans la synthèse de l'ARN messager était la seule pouvant conduire à la malignité".

Ces travaux ont déclenché un tel intérêt que des groupes universitaires de Cambridge, en Grande-Bretagne, et de Princeton et de Berkeley, aux États-Unis, ont l'intention de comparer les prévisions données par le modèle mathématique aux résultats donnés par des expériences en laboratoire, résultats que l'on espère quantitatifs. Un problème fondamental, lorsque l'on compare les systèmes vivants à la cellule mathématique, est la corrélation des effets externes réels, comme ceux des rayons cosmiques ou des agents toxiques, avec les changements de constantes du modèle mathématique. Les effets précis de ces stimulus externes sur la cellule ne sont pas bien connus. Ainsi, par exemple, comment une dose massive de radiations peut-elle affecter les processus chimiques à l'intérieur de la cellule? Quel est le mécanisme d'arrêt de la multiplication des cellules? Si nous le connaissions le modèle mathématique deviendrait un outil des plus puissants en recherche biologique ce qui permettrait aux expérimentateurs de faire leur travail en quelques secondes sur des modèles mathématiques au lieu de faire des expériences de plusieurs mois en laboratoire.

Notre ignorance des causes et du processus déclenchant les cancers est une des raisons pour lesquelles on ne parvient pas encore à les guérir systématiquement. Le modèle du Dr Davison pourra peut-être, non seulement élucider les différentes étapes des premiers processus chimiques, mais aussi donner une idée de la nature réelle du cancer.

Ce chercheur nous a dit: "La structure du modèle est celle d'une cellule sans contact avec le monde extérieur. La description ne se rapporte qu'aux processus chimiques dans le noyau et aucune des interactions entre le noyau et le cytoplasme ou entre la cellule et les cellules voisines n'a été jusqu'ici considérée. Le comportement du modèle, en conséquence, conduit à penser que le cancer relève d'une propriété très fondamentale de la cellule et que cette cellule devient maligne spontanément lorsqu'elle est exposée à certains types de perturbations". □

Cover: Part of extensive oceanographic research conducted through National Research Council Negotiated Grants to Memorial University, St. John's, Newfoundland, has been on the development of technology to deal with underwater and ocean-floor engineering problems. These are often associated with oil exploration of the continental shelf. Here, a diver drills a hole on the ocean floor preparing to anchor an underwater research habitat. Below, dye is released on the ocean floor off the coast of Newfoundland to determine underwater turbulence and current. Photographs by Hugh Jacobs, Memorial University. • Notre couverture: Une partie des importantes recherches océanographiques entreprises par l'Université Memorial, à Saint-Jean de Terre-Neuve, avec l'aide financière du CNRC sous forme de subventions concertées, a porté sur le développement d'une technologie adaptée aux problèmes rencontrés dans l'exécution de travaux sous-marins et sur le fond des océans. Ils sont souvent liés à l'exploration pétrolière du plateau continental. On voit ici un scaphandrier forant le fond de l'océan pour l'ancrage d'une habitation sous-marine destinée aux équipes de recherche. La photographie ci-dessous illustre l'émission de colorant au large de Terre-Neuve pour étudier les courants et la turbulence des fonds marins. Photographies de Hugh Jacobs, de l'Université Memorial.



SCIENCE DIMENSION

1974/4



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 6 No. 4, 1974

Contents / Sommaire

-
- 4 Toward a uniform color space
Vers un espace uniforme des couleurs 5
-
- 10 Electrochemical oxygen sensor
La sonde électrochimique à oxygène 11
-
- 14 Canadian Journals of Research
Les Journaux canadiens de la recherche 15
-
- 20 Mathematics of the Fundy Tides
Les mathématiques et la baie de Fundy 21
-
- 26 Unlocking the secrets of gonorrhea
L'arme absolue contre la blennorragie 27
-
- 32 Hydrogen — new storage system
 $H_2 + O \rightleftharpoons H_2O$, mais comment stocker H_2 ? 33
-

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Photo credits: page 3 (centre), Montreal General Hospital, (bottom), McGill University, Montreal; pages 4, 5, 24, 25, 26, Miss C. Clyde, NRC; pages 10, 11, 12, 13, University of Toronto; page 18 (left), Bob Whitehead, NRC; pages 20-21, Baranger Photothèque, France; page 23, Embassy of France, Ottawa; page 34, Division of Mechanical Engineering, NRC.

Photographies: page 3 (centre), Hôpital général de Montréal, (en bas), McGill University, Montréal; pages 4, 5, 24, 25, 26, Mlle C. Clyde, CNRC; pages 10, 11, 12, 13, University of Toronto; page 18 (à gauche), Bob Whitehead, CNRC; pages 20-21, Photothèque Baranger, France; page 23, Ambassade de France, Ottawa; page 34, Division de génie mécanique, CNRC.

Managing Editor Loris Racine Directeur

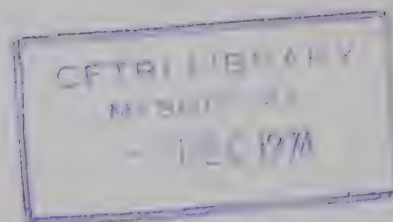
Editor Joan Powers Rickerd Rédactrice-en-chef

French Texts Georges Desternes Claude Devismes Textes français

Graphics-Production Robert Rickerd Arts graphiques-Production

Staff photographer Bruce Kane Photographe attaché à la Direction

Printed by Mortimer Imprimeur



Dr. Philip Gold (centre), Professor of Medicine and Clinical Medicine, McGill University, has become the 10th winner of the Steacie Prize in the Natural Sciences, named in memory of Dr. E.W.R. Steacie, a physical chemist and President of the National Research Council of Canada from 1952 until his death in 1962. Dr. Robert Bell (right), Principal and Vice-Chancellor of McGill University introduced Dr. D.J. Le Roy (left), Acting Vice-President (University Grants and Scholarships), NRC, who made the presentation to Dr. Gold.

The Steacie Prize has been awarded annually since 1964 to a younger person for outstanding scientific work in a Canadian context.

The citation stated that Dr. Gold's research, carried out at the Montreal General Hospital, is a combination of the fundamental and the applied. His discovery of a blood-borne antigen in patients with cancers of the bowel has led to a valuable method for clinical diagnosis of cancer of the digestive system. At the same time, his wide ranging studies of antigens are providing new insights with the changes in gene expression that are characteristic of neoplastic cells.

Recently, the United States Food and Drug Administration approved a blood test kit for the detection of cancer by methods based on Dr. Gold's discoveries.

• Le Dr Philip Gold (au centre), professeur de médecine et de médecine clinique à l'Université McGill, est le



dixième récipiendaire du prix Steacie pour les Sciences naturelles. Ce prix prend son nom du Dr E.W.R. Steacie, chimiste physicien, Président du Conseil national de recherches du Canada de 1952 jusqu'à sa mort en 1962. Le Dr Robert Bell (à droite), Président et Vice-chancelier de l'Université McGill, a présenté le Dr D.J. Le Roy (à gauche), Vice-président (Bourses et subventions universitaires) par intérim du CNRC, qui a remis le prix au Dr. Gold.

Le prix Steacie a été accordé annuellement depuis 1964 à un jeune chercheur qui s'est distingué par ses travaux scientifiques dans le contexte canadien.

La citation exprime le fait que les recherches du Dr Gold faites à l'Hôpital général de Montréal sont à la fois fondamentales et appliquées. Le Dr Gold a découvert un antigène porté par le sang chez les malades atteints de cancers des intestins et cette découverte a conduit à une méthode de valeur pour diagnostiquer cliniquement le cancer dans le système digestif. En même temps, ses études étendues et de grande portée sur les antigènes ont permis d'acquérir des vues nouvelles sur les changements d'expression des gènes caractérisant les cellules néoplasiques.

Récemment, la "Food and Drug Administration" des États-Unis a approuvé une trousse servant à faire des tests du sang en vue de détecter le cancer par des méthodes basées sur les découvertes du Dr Gold.



In the eye of the beholder – Toward a uniform color space

The sleeves of a blue shirt may be sewn in one section of a factory, the collar in a second and the body in a third. When they finally come together, the blue colors of the various pieces must match or the consumer may reject the final product.

The shirt manufacturer must know how large a color difference the consumer will accept. He must then specify the color tolerance he is willing to allow from the textile manufacturer. The textile manufacturer, who dyes his material by the thousands of yards, must ensure that the color of his product at the beginning of a roll is the same as that dyed at the end. However, industry does not yet have a reliable method of expressing color tolerances which is universally understood.

Color studies relating to this problem are being carried out by the National Research Council of Canada's Division of Physics. Dr. Gunter Wyszecki, Head of the Radiation Optics Section, says: "I don't think anyone in the business these days can economically produce anything without being given tolerances. It's a well-established thing in other industries but not so in color. Current methods of specifying color differences and, in turn, tolerances are not always satisfactory and not yet fully developed."

The measurement of color itself is well established, but there are currently several systems to measure color differences in industry. Color-difference meters are most frequently used but techniques often vary as does the system of units for measurement. Human color matchers or inspectors can also be used but this process is often slow, tiring or too subjective to be effective. Because the human eye has a threshold of sensitivity to color differences, two colors need not be identical to appear as a visual match. Within a certain range, an observer will perceive two physically differing colors as the same.

If a uniform yardstick to measure color difference were established, industry would then have a criterion for acceptable reproduction of any color — a way of saying how close one color must be to another so that the eye cannot see the difference.

A broad base of color theory exists which researchers are trying to expand in order to solve the problem. Any color may be represented in a three-dimensional color space, with axes X, Y, Z corresponding to some function respectively of three primary colors, such as red, green and blue. The color can be composed by mixing three colored lights (of the primary colors) in an additive process. (By contrast, when using pigments or paints, the primaries are commonly red, blue and yellow. Composition of a color by the mixture of three such paints is a complex subtractive process which also involves the chemical nature of the pigments and is quite different in principle from the mixture of lights). A particular color C, for example, orange or yellow, can then be specified in color space by three coordinates or tristimulus values (Figure 1). A second color, C', just perceptibly different from the first, can also be plotted. The envelope (like the skin of a balloon) of all points showing such perceptible color differences in all directions from C describes the boundary conditions within which colors are seen by the eye as identical to C, and beyond which, as different.

The shape and size of the enclosed volumes of these colors vary with the color C and thus its location in this "color-matching" space. They may be large or small and are frequently ellipsoid or egg-shaped. From the point of view of perceiving color differences, this space is clearly non-uniform.

However, uniform color space may be derived by mathematical transformation of the X, Y, Z color-matching space into a U, V, W space where the enclosed volumes are spherical and also of the same size for any color (Figure 2). The difference, ΔE (delta E), between any two colors represented by points C₁ and C₂ can then be found readily from a mathematical equation. Here, color 1 differs from color 2 similarly in any direction. Scientists have defined the size of this difference, ΔE , to correspond with the color discrimination of the human eye. When ΔE is less than one, color differences are defined as not perceptible. For $\Delta E=1$, the color difference is just perceptible, while for $\Delta E=2$, the difference is twice as large, and so on.

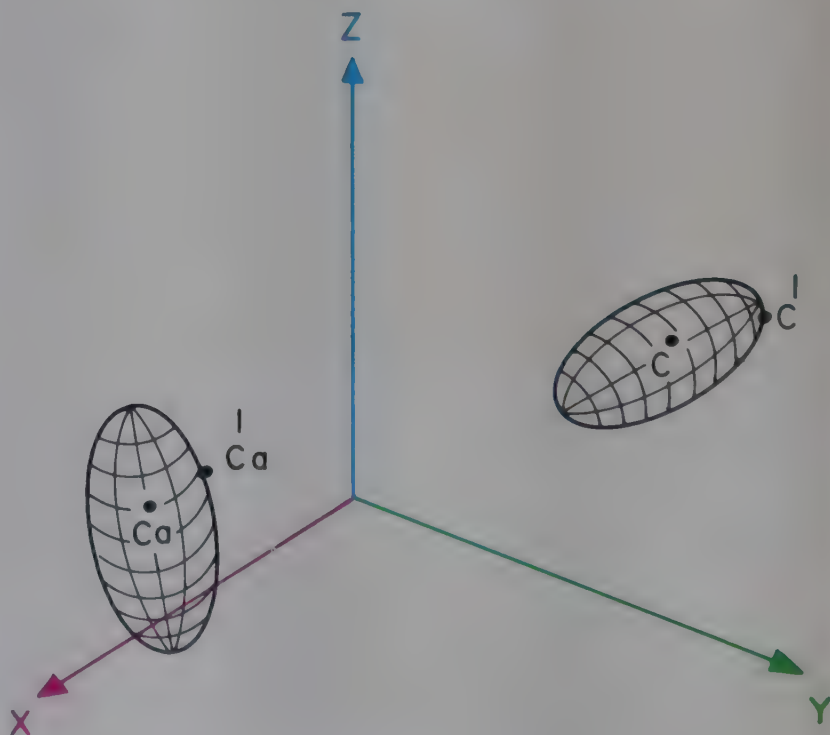
Although the ideal uniform color space has not yet been found, an approximation to it called the CIE (U*, V*, W*) space was developed at NRC and was adopted in 1964 as an international standard by the Commission Internationale de l'Éclairage.

Since 1963, Dr. Wyszecki has been Chairman of the Commission's Colorimetry Committee.

"Some people doubt that a uniform color space can be found," he says, "but I think you can get a very good approximation which will serve almost all purposes. The present CIE (U*, V*, W*) formula still has some shortcomings."

One deficiency of the CIE (U*, V*, W*) space (Cover) is a lack of uniformity in some areas. In the cross-section depicted, differences between neighboring colors are small and of equal size within vertical rows, but larger and more

Figure 1. The 3-dimensional X, Y, Z color-matching space. Axes are some function of three additive primary colors. Any color can be specified by three coordinates but color differences are not uniform.
• Espace tridimensionnel X, Y, Z d'appariage des couleurs. Les axes sont des fonctions de trois couleurs fondamentales additives. Toute couleur peut être définie par un point ayant trois coordonnées mais les différences entre les couleurs ne sont pas uniformes.



Toujours à chacun ses couleurs?

Vers un espace uniforme des couleurs

Il est possible que les manches, le col et le corps d'une chemise bleue, par exemple, soient faits dans différents secteurs d'une usine, mais il est essentiel que l'article fini soit partout d'un même bleu faute de quoi le client pourrait bien ne pas acheter la chemise.

Autrement dit, le fabricant de chemises doit savoir jusqu'à quel point les petites différences de couleur passeront inaperçues, c'est-à-dire qu'il doit pouvoir spécifier les tolérances que le fabricant de tissus doit observer. En outre, ce fabricant de tissus utilise des teintures et ses machines produisent des milliers de mètres de tissus qui doit être exactement de la même couleur au commencement et à la fin du rouleau. C'est là une difficulté que l'on rencontre encore de nos jours puisque l'on ne dispose toujours pas d'une méthode sûre pour définir les tolérances dans un langage compris de tous.

C'est pour cette raison que la Division de physique du Conseil national de recherches du Canada se livre à des études sur les couleurs et le Dr Gunter Wyszecki, chef de la section de l'optique des radiations, nous a dit: "Je ne pense pas que quelqu'un dans la profession puisse, de nos jours, produire économiquement quoi que ce soit sans avoir à observer certaines tolérances. C'est là un fait accepté dans toutes les industries sauf dans celles où il y a des questions de couleurs. Les méthodes actuelles pour préciser les différences entre les couleurs, et en conséquence les tolérances, ne sont pas toujours satisfaisantes et il reste encore beaucoup à faire pour qu'elles soient au point".

On sait très bien "mesurer" les couleurs mais il existe actuellement plusieurs méthodes pour en mesurer les différences dans les établissements industriels. Les colorimètres

différentiels sont utilisés très fréquemment mais les techniques utilisées et les unités de mesure varient souvent. Les "apparieurs", ou des inspecteurs, peuvent aussi déterminer si les couleurs sont identiques mais cette méthode est souvent très longue, fatigante et trop subjective pour être efficace. L'oeil ayant un seuil de sensibilité pour les différences entre les couleurs, il est possible que deux couleurs différentes semblent être les mêmes pour certains apparieurs. Autrement dit, à l'intérieur d'une certaine gamme de longueurs d'onde, un observateur aura l'impression que deux couleurs différentes sont les mêmes.

Si l'on pouvait trouver une méthode uniforme, sûre et objective de mesure des différences entre les couleurs, les industriels disposeraient d'un critère permettant de reproduire toutes les couleurs d'une manière acceptable ce qui revient à dire que l'on pourrait préciser jusqu'à quel point deux couleurs doivent être voisines pour que l'on ne voit pas de différence.

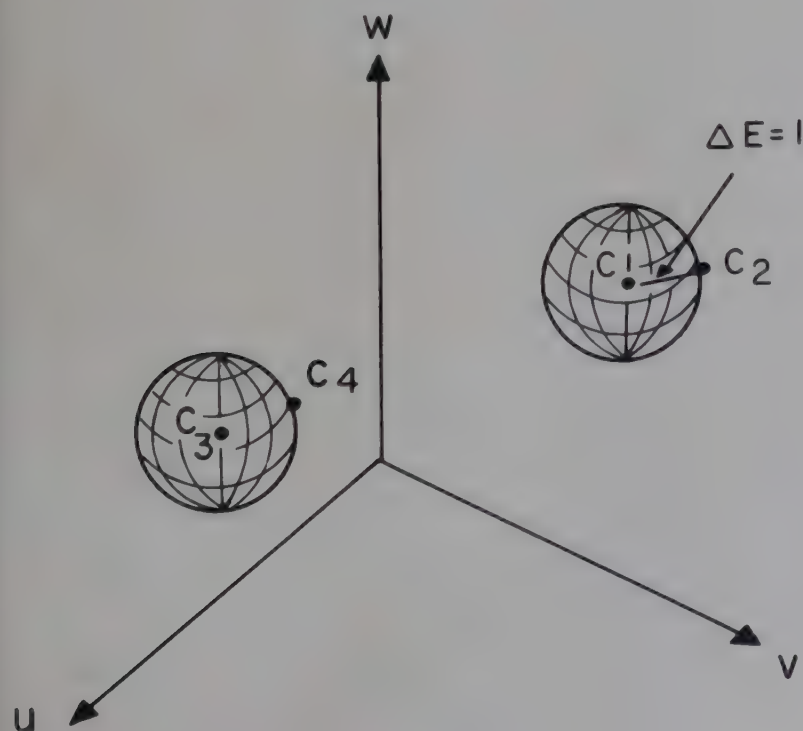
La colorimétrie théorique a déjà des bases solides mais les chercheurs essaient encore de la perfectionner. Toute couleur peut être représentée dans un espace tridimensionnel suivant des axes X, Y, Z, chacun correspondant à une fonction de trois couleurs appelées couleurs fondamentales comme le rouge, le vert et le bleu. On peut obtenir une couleur en mélangeant trois lumières, chacune étant d'une couleur fondamentale; c'est le "mélange additif". On peut aussi se servir de pigments ou de peintures et les couleurs fondamentales utilisées sont alors le rouge, le bleu et le jaune. C'est le "mélange soustractif" car il implique la nature chimique des pigments et il est très différent du mélange des lumières dans son principe. Une couleur C, par exemple, comme l'orange ou le jaune, peut correspondre à un point d'un espace tridimensionnel, la position du point étant donnée par trois coordonnées appelées "valeurs d'excitation" (Fig. 1). On peut aussi trouver la position du point correspondant à une deuxième couleur C' si peu différente de C que la différence échappe presque à l'observateur. L'enveloppe, c'est-à-dire la surface rappelant celle d'un ballon et contenant tous les points représentant ces différences perceptibles dans toutes les directions à partir de C, décrit les conditions aux limites à l'intérieur desquelles les couleurs sont identiques à C pour l'oeil humain et en dehors desquelles les couleurs sont différentes.

La forme et la dimension du volume à l'intérieur de l'enveloppe varient avec la couleur C et, par suite, avec son emplacement dans cet espace tridimensionnel de comparaison des couleurs, c'est-à-dire "d'appariage". Cet espace peut être grand ou petit et sa forme est fréquemment celle d'un ellipsoïde, c'est-à-dire d'un corps en forme d'oeuf. Du point de vue de la perception des différences entre les couleurs cet espace est nettement non uniforme.

Cependant, un espace uniforme des couleurs peut être obtenu par une transformation mathématique de l'espace tridimensionnel X, Y, Z en un nouvel espace U, V, W où les volumes enclos dans l'enveloppe sont sphériques et de la même dimension quelle que soit la couleur (Fig. 2). La différence, ΔE , entre deux couleurs représentées par les points C₁ et C₂ peut alors être trouvée immédiatement en se servant d'une équation mathématique. Ainsi les couleurs 1 et 2 ont des différences égales en valeurs absolues dans toutes les directions. Les chercheurs ont défini la valeur de cette différence ΔE pour qu'elle corresponde à la faculté de différenciation de l'oeil humain. Si ΔE est inférieur à l'unité, les différences entre les couleurs sont dites imperceptibles; si

Figure 2. The ideal U, V, W, color space. Color differences are uniform and are not perceptible to the eye within unit spheres ($\Delta E=1$).

• Espace idéal U, V, W. Les différences sont uniformes et ne sont pas perceptibles par l'oeil à l'intérieur des sphères unitaires, c'est-à-dire des sphères de rayon $\Delta E=1$.



unequal in crossing from one row to the next.

"The CIE has a working program to improve on this and work on other versions of formulas as well," Dr. Wyszecki says.

By learning how the human eye perceives color differences, researchers may formulate a better description of color-perception space.

Design and construction of instrumentation in the NRC color laboratories was begun in 1958. In particular, the seven-field colorimeter designed for these studies is the only instrument of its kind in the world.

On this instrument, an observer with normal color vision sees an array of six small hexagonal windows closely packed around a central window. The colors in each of the seven windows can be varied independently and widely. A difference between the color in the central window and one of the neighboring windows is initially fixed. The observer must then create five colors in the remaining five windows so that the final differences in all six radial and peripheral directions are identical and equal to the initial difference. Researchers have found that color discrimination in the eye varies with the illumination and with the color of the field surrounding the colored array. The array of seven colors from each test run represents one portion in a cross-section of the observer's color-reception space.

To build up a representation of color space "you need quite a few observers," Dr. Wyszecki explains, "and you must control the various parameters which influence their judgment. For example, the size of the colors plays a part as well as the level of light available. Also, whether you look at the colors in the dark or have a white or gray surrounding is important and has not yet been fully investigated. Obviously, the relationships are very complex."

Once the color discrimination faculty of the human eye has been expressed in mathematical terms, improved color-difference meters can be built for industrial use. The language of colorimetry and, in particular, that of color-difference measurement, can then be the same for all.

"Our aim is to give industry two things," Dr. Wyszecki says. "One is the possibility of measuring any color in terms of three X, Y, Z coordinates or tristimulus values. The other concerns color differences which require a formula such as the ΔE formula which can measure the distance between two colors in a uniform color space which is transformed from the X, Y, Z space. With these tools, industry will have a complete system of colorimetry, will be able to specify a color exactly in objective terms and specify color tolerances as well."

A calibrated colorimeter can tell the manufacturer right away whether a color is on- or off-standard and by exactly how much. Eventually, interfaced with computers, colorimeters can control machinery on-line, simultaneously checking and adjusting color variations.

The research program in the Radiation Optics Section explores several other related areas. One is color-matching, where scientists test the precision of an observer's ability to match one color to another under various conditions.

The basic laws of color matching were summarized by Grassmann in 1853. One law implies that three coordinates are necessary and sufficient to specify any given color. Another law, that lights of the same color produce identical effects in mixtures regardless of their spectral composition, forms the basis of all modern colorimetry. As conceived, Grassmann's set of principles was thought to hold true over



This maple leaf will not change color with the seasons. A precise specification of the standard red color for the Canadian flag was established in 1965 by the Radiation Optics Section of what was then

the entire range of light levels. In the moderate range employed for most colorimetric purposes, these laws do hold exactly. However, under certain other conditions, they may break down.

Dr. Wyszecki says, "there are phenomena taking place inside the eye and the receptor mechanism at various stages along the pathway of the optic nerve which interfere with the simple color vision model implied in Grassmann's laws."

Since 1970, G.H. Fielder of the Radiation Optics Section has been testing the color matching abilities of observers under varying conditions on a trichromator, one of only three similar instruments in the world.

Test subjects exactly match a color adjacent to a given one by varying the intensities of three primary colors. The lights produced by these three independent intensity settings of red, green and blue add together to produce the observer's matching color.

Most color vision is studied in colored fields of either 2-degree or 10-degree size. In a 2-degree visual field, having roughly the size of a 10 cent piece at arm's length, the image is focussed directly on the fovea within the observer's eye. The fovea is a small area of the central retina having maximum color sensitivity. A dental grip, specially constructed for each subject, ensures that the same head position will be maintained between test runs and that light will enter the eye through the center of the pupil to arrive at the fovea. By increasing the size of the observed field and the level of light, scientists can test the range of validity of Grassmann's laws.

"These areas are mainly of academic interest from the point of view of basic vision research," Dr. Wyszecki explains. "But it establishes also, for practical purposes, the region within which our colorimetry holds. There are many cases where we have to look at very bright surroundings and there are situations where light is very dim. Some standard method of color specification would be desirable."

Under varying light conditions there are different receptor mechanisms in the eye. Receptor cells called rods respond to very small amounts of radiant energy (such as in moonlight) and give high sensitivity but only achromatic or neutral color perceptions of white, gray and black. On the other hand, cone cells are most sensitive at higher light levels (daylight) and provide our perception of chromatic color. However, in dim light levels or twilight vision the relative participation of

Étude des couleurs

called NRC's Division of Applied Physics. Color coordinates were determined to pinpoint the exact red shade in an objective manner. Color differences were also considered and two limit shades of red were chosen as an indication of the acceptable color tolerance for the flag manufacturer. Subsequent laboratory tests were carried out by the Textile Chemistry Section of what was then NRC's Division of Applied Chemistry on the fading of red material supplied by industry. These experiments ensured that the flag would remain colorfast. • La couleur de cette feuille d'érable ne variera pas avec les saisons. En 1965, la section d'optique des radiations de ce qui était alors la Division de physique appliquée, a établi des normes précises pour la couleur rouge du drapeau canadien. On s'est servi de coordonnées tridimensionnelles pour déterminer le rouge exact recherché. On a également tenu compte des différences maximales de couleur et choisi deux limites de rouge pour indiquer au fabricant la tolérance admissible. Pour s'assurer que les couleurs du drapeau ne passeraient pas après une exposition prolongée aux effets du temps, la section de chimie des textiles de ce qui était à cette époque la Division de Chimie appliquée a procédé, ultérieurement, à des essais sur la résistance à l'altération des couleurs utilisées par les industriels.

$\Delta E=1$, les différences sont tout juste perçues et si $\Delta E=2$, par exemple, la différence est deux fois plus grande, etc.

Quoique l'espace uniforme idéal n'ait pas encore été trouvé, on dispose quand même d'une approximation appelée CIE (U^* , V^* , W^*) mise au point par le CNRC et adoptée en 1964 comme étalon international par la Commission Internationale de l'Éclairage.

Le Dr Wyszecki est président du Comité de colorimétrie de la Commission Internationale de l'Éclairage depuis 1963.

Il nous a dit: "Certaines personnes pensent qu'il est peu probable que l'on puisse mettre au point un espace uniforme des couleurs mais je pense que l'on peut en avoir une très bonne approximation qui permettra de l'utiliser dans presque tous les cas. La formule CIE (U^* , V^* , W^*) utilisée actuellement n'est encore qu'une approximation qui a d'ailleurs quelques inconvénients".

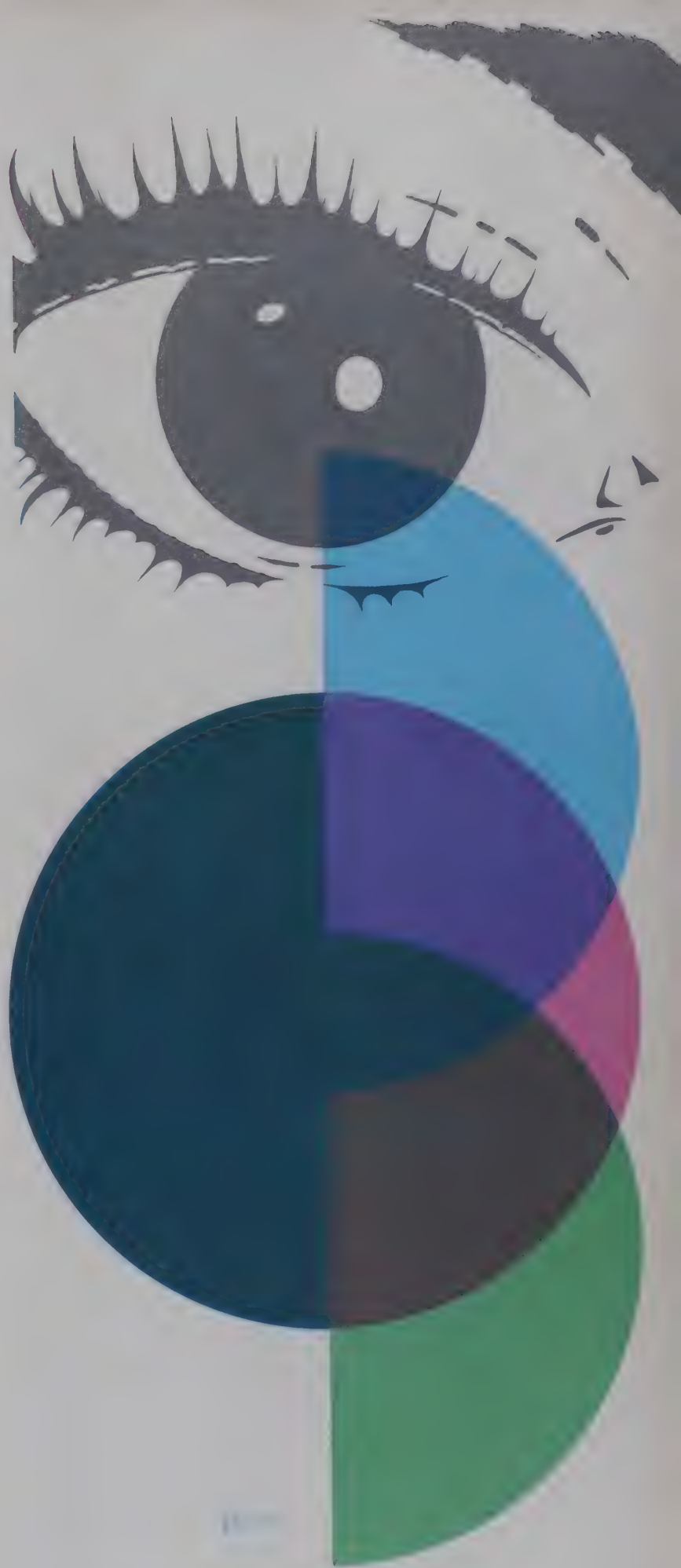
L'un de ces inconvénients (notre couverture) est un manque d'uniformité dans certaines zones. Dans le profil bidimensionnel que nous décrivons les différences entre couleurs voisines sont faibles et égales dans le cadre d'une rangée verticale mais ces différences sont plus grandes et moins égales lorsque l'on passe d'une rangée à la suivante.

"La CIE a un programme d'amélioration de la formule et elle travaille aussi actuellement sur d'autres formules semblables ou différentes", nous a dit le Dr. Wyszecki.

Les chercheurs peuvent formuler une meilleure description de l'espace de perception des couleurs s'ils étudient comment l'œil humain perçoit les différences.

C'est en 1958 que l'on a commencé dans les laboratoires du CNRC à concevoir et à construire des instruments et, en particulier, le colorimètre à sept cibles, le seul instrument de cette sorte dans le monde.

Grâce à lui, un observateur ayant une vision normale des couleurs voit six petites fenêtres hexagonales placées les unes contre les autres autour d'une fenêtre centrale. Dans chacune des sept fenêtres, on peut faire varier les couleurs indépendamment et dans une grande gamme. Une différence entre la couleur de la fenêtre centrale et celle d'une des fenêtres périphériques est fixée initialement. L'observateur doit alors produire cinq couleurs dans les cinq autres fenêtres de sorte que les différences finales dans les six directions radiales et périphériques soient identiques et égales à la différence initiale. Les chercheurs ont trouvé que la différenciation entre



In color-matching studies, scientists test the precision of an observer's ability to match one color to an adjacent given one under various conditions. To compose the matching color, subjects vary the intensities of three lights of the additive primary colors red, green and blue.

• L'aptitude de l'appareur est évaluée par les chercheurs en lui demandant de faire varier l'intensité de trois couleurs fondamentales additives, le rouge, le vert et le bleu, jusqu'à ce qu'il pense avoir obtenu la même "couleur" que la couleur témoin.

Color studies

rod and cone vision continually varies and color judgments may become unreliable. Some manufactured products have to be evaluated by this mixed vision because they are intended for use in dim light.

The ability of observers to match colors is tested under these varying conditions over the whole visible spectrum of wavelengths from violet to red.

In 1972, Dr. Wyszecki was the founding president of the Canadian Society for Color in Art, Industry and Science. The Society provides a forum, communication center and official association for artists, advertisers, engineers and scientists alike interested in the many aspects of color in daily life. □

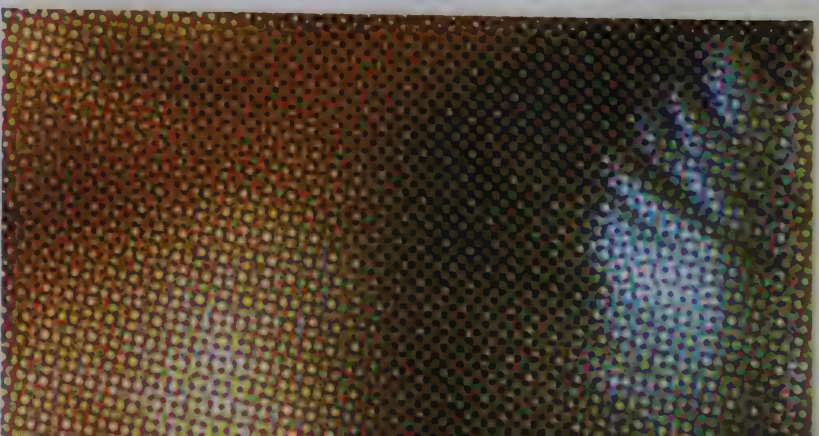
W.J. Cherwinski

Right

The principle of reproducing any given color from a particular combination of its three constituent primaries forms the basis for printing of color photographs and illustrations in magazines by a 'subtractive' process called color-separation. The original colored illustration, when photographed through a series of three filters, is initially separated into three negatives which retain the relative amounts of the primaries cyan (blue), magenta (red) and yellow which compose it. When separation is done through a fine-mesh wire screen, this process breaks down the image into a pattern of fine, microscopic dots on each negative's surface. Larger-sized dots reflect a greater intensity of color. Individual metal plates produced from these three negatives transfer the array of dots in blue, red and yellow transparent inks to the paper on the printing press. Where different-colored dots overlap, the new colors arising from superimposition can duplicate any hue found in the original. In the final stage of the printing process, a black plate is added to accentuate depth and contrast in the color reproduction. The final "net" impression of color in the human eye arises from the combined effect of these colored dots which reflect light onto the color-sensitive cone-cell areas of the retina. A similar process by which individual dots of primary colors are excited on a screen is employed in the television tube. The top frame shows a color-separated negative comprised of thousands of microscopic yellow dots; the second, yellow plus blue; in the third, red is added; and in the fourth frame, black completes the picture. The bottom frame represents the microscopic composition of the final color reproduction.

À droite

Toute couleur est reproduite sur papier en partant de la combinaison des trois couleurs fondamentales qui la constituent. C'est un processus soustractif appelé séparation des couleurs. L'illustration en couleur à reproduire est photographiée trois fois et utilisant trois filtres correspondant aux trois couleurs fondamentales, le cyan (bleu), le magenta (rouge) et le jaune. On obtient ainsi trois négatifs correspondant chacun à l'une de ces couleurs. Lorsque l'on utilise aussi, lors de la séparation des couleurs, une toile métallique à mailles fines, on obtient des points microscopiques à la surface de chaque négatif. Ces points sont d'autant plus grands que la couleur est intense. À l'aide de ces négatifs on fait trois plaques métalliques grâce auxquelles on peut transférer la vraie couleur sur papier si l'on utilise des encres transparentes bleues, rouges et jaunes. Si l'on veut accentuer la profondeur et le contraste on peut faire une passe supplémentaire en utilisant une plaque imprégnée d'encre noire. La perception des couleurs est possible grâce à la sensibilité des cônes et des bâtonnets de la rétine de l'oeil qui sont excités par la lumière réfléchie. Un processus semblable à base de points de couleurs fondamentales est utilisé sur les écrans de télévision. De haut en bas: le négatif constitué de milliers de points jaunes microscopiques puis, ce que l'on obtient en superposant successivement le bleu, le rouge et le noir. La dernière image donne le détail à l'échelle microscopique de la reproduction finale en couleur.



Étude des couleurs

les couleurs varie avec l'éclairage et avec la couleur du champ entourant les fenêtres. La configuration des sept couleurs, après chaque essai, représente une portion du profil bidimensionnel de l'espace de réception des couleurs de l'observateur.

Le Dr Wyszecki nous a expliqué: "Pour construire une représentation de l'espace des couleurs, il faut pouvoir disposer d'un certain nombre d'observateurs et il faut contrôler les différents paramètres qui influencent leur jugement. Ainsi, par exemple, la dimension des couleurs joue un rôle ainsi que leur séparation et l'intensité lumineuse dont on dispose. Certains facteurs comme le type d'environnement et le fait que l'on regarde les couleurs dans le noir, à la lumière blanche ou à la lumière grise, sont aussi importants et ils n'ont pas encore fait l'objet d'une étude complète. Evidemment les relations sont très complexes".

Une fois que la possibilité, par l'oeil humain, de différencier entre les couleurs aura été exprimée mathématiquement, des colorimètres différentiels améliorés pourront être construits pour l'industrie. Le langage utilisé en colorimétrie, et en particulier celui qui sert à mesurer les différences entre les couleurs, pourra alors être le même pour tous.

Le Dr Wyszecki a ajouté: "Notre but est de donner deux choses à l'industrie: l'une est la possibilité de mesurer toute couleur en fonction des trois coordonnées X, Y, Z, et l'autre se rapporte aux différences nécessitant une formule telle que la formule du ΔE qui permet de mesurer la distance entre deux couleurs dans un espace uniforme obtenu en faisant une transformation des coordonnées X, Y, Z. Avec ces outils, c'est-à-dire les valeurs de X, Y, Z et la formule du ΔE , l'industrie aurait un système complet de colorimétrie et pourrait ainsi spécifier exactement les couleurs en termes bien définis et en préciser les tolérances".

Un colorimètre bien étalonné peut permettre au fabricant de savoir de combien les couleurs obtenues s'éloignent de l'étalon. Ultérieurement, l'utilisation d'ordinateurs pourrait peut-être permettre au colorimètre de contrôler les machines pendant les fabrications tout en empêchant les couleurs de varier au-delà des limites prescrites.

Le programme de recherche de la section de l'optique des radiations comporte des études dans d'autres domaines connexes. L'une se rapporte à l'appariage et les chercheurs procèdent à des essais pour évaluer la précision des observateurs lorsqu'ils comparent des couleurs dans différentes conditions.

Les lois fondamentales permettant de comparer des couleurs ont été formulées par Grassmann en 1853. Selon ces lois, trois coordonnées sont nécessaires et suffisantes pour définir toute couleur. Un autre principe selon lequel les lumières de même couleur produisent des effets identiques dans des mélanges, quelle que soit leur composition spectrale, forme la base de toute la colorimétrie moderne. Les principes établis par Grassmann étaient, pensait-on, valables d'un bout à l'autre de la gamme entière des niveaux de lumière. Dans la gamme modérée employée dans la plupart des cas en colorimétrie, ces lois sont très valables mais il se peut qu'elles ne le soient pas dans certaines autres conditions.

Le Dr Wyszecki nous a dit: "Les lois fondamentales ont été établies il y a plus de cent ans mais elles ne sont pas valides dans toute la gamme de la vision et des intensités lumineuses. En effet, des phénomènes à l'intérieur de l'oeil et le long du nerf optique interfèrent avec le modèle simple de la vision des couleurs selon les lois de Grassmann".

Depuis 1970, M. G.H. Fielder, de la section de l'optique des radiations, a fait des essais sur des observateurs pour déterminer leur aptitude d'appariage des couleurs dans différentes conditions et à l'aide du trichromateur dont il n'existe que trois exemplaires dans le monde.

Ces observateurs doivent trouver exactement la couleur d'une couleur adjacente en faisant varier les intensités de trois couleurs fondamentales. Les lumières produites par ces trois couleurs fondamentales, c'est-à-dire par le rouge, le vert et le bleu, dont on fait varier indépendamment l'intensité s'ajoutent pour donner la couleur d'appariage selon l'observateur en question.

La plus grande partie des études sur la vision des couleurs se fait avec des champs colorés de deux ou de dix degrés d'ouverture. Dans un champ visuel de deux degrés, c'est-à-dire un champ ayant la dimension approximative d'une pièce de 10 cents tenue à bout de bras, l'image est focalisée directement sur la fovéa à l'intérieur de l'oeil de l'observateur. La fovéa est une petite surface au centre de la rétine ayant la sensibilité maximum à la couleur. Une sorte de griffe spécialement construite pour chaque observateur permet de s'assurer que la position de la tête ne change pas au cours des essais et que la lumière qui entre dans l'oeil au centre de la pupille arrive sur la fovéa. En augmentant les dimensions du champ observé et l'intensité de la lumière, les chercheurs peuvent tester la gamme de validité des lois de Grassmann.

Le Dr Wyszecki nous a expliqué que: "Ces domaines sont intéressants si l'on veut progresser dans les recherches fondamentales sur la vision. En outre, ces travaux définissent aussi le domaine de validité de notre colorimétrie. Dans de nombreux cas, il faut regarder dans un environnement très brillant et il existe aussi des situations où l'éclairage est très atténué. Il serait souhaitable de trouver une méthode standard de définition des couleurs pour ces cas-là".

Dans des conditions de lumière variable, l'oeil utilise différents mécanismes pour percevoir les couleurs. Des cellules réceptrices, appelées bâtonnets, sont suffisamment sensibles pour réagir sous l'action de très petites quantités d'énergie lumineuse comme c'est le cas la nuit au clair de lune, mais elles n'enregistrent que les couleurs neutres comme le blanc, le gris ou le noir. D'un autre côté, d'autres cellules appelées cônes sont plus sensibles que les bâtonnets lorsque les intensités lumineuses sont plus élevées comme c'est le cas de jour; ce sont elles qui assurent la perception des couleurs. Pour les intensités lumineuses intermédiaires, comme c'est le cas au crépuscule, les bâtonnets et les cônes contribuent d'une manière variable de sorte que notre jugement des couleurs peut devenir peu sûr. Certains produits fabriqués doivent être évalués dans ces dernières conditions car ils doivent être utilisés en lumière atténuée. On fait donc des essais sur des observateurs pour déterminer jusqu'à quel point ces personnes peuvent identifier des couleurs identiques, dans ces conditions variables, d'un bout à l'autre du spectre visible dont les longueurs d'ondes vont du violet au rouge, c'est-à-dire de 380 à 770 nanomètres.

La Société canadienne pour la couleur dans les arts, l'industrie et la science a été fondée en 1972 par le Dr Wyszecki qui en a alors été élu président. Cette association officielle a pour mission d'être un centre de communications et une tribune en faveur des artistes, des agents de publicité, des ingénieurs et des scientifiques intéressés aux nombreux aspects de la couleur dans notre vie quotidienne. □

NRC aids Canadian company — Electrochemical oxygen sensor

Research being conducted by a team of scientists at the University of Toronto is helping a Canadian manufacturing company involved in the production of electrochemical oxygen probes, devices which play a vital part in the manufacture of steel. Operating under a Special Project Grant of \$147,000 from the National Research Council of Canada, the team, headed by Dr. C.B. Alcock, Chairman of the University's Department of Metallurgy and Materials Science, steadily has been devising improvements to the probe since early in 1971.

The work already has solved many of the problems which beset the devices since they were first introduced on an industrial scale in 1970. The University researchers are working in collaboration with Leigh Instruments Limited, and its member manufacturing company, Quality Hermetics Limited, of Toronto. Major Canadian companies who use the probes include the Steel Company of Canada Limited (Stelco), Dominion Foundries and Steel Limited (Dofasco) and Algoma Steel. Japanese steel manufacturers also have displayed great interest in the probes.

In order to understand and appreciate the importance of electrochemical oxygen probes, one must understand the basic processes which are involved in the production of steel. First, the molten pig iron which is produced in blast furnaces is poured into a basic oxygen furnace where oxygen is introduced through a lance to oxidize the carbon, along with the other elements contained in the pig iron, such as silicon, manganese, sulphur and phosphorus. Pig iron contains about four per cent carbon which must generally be reduced to less than one per cent in the production of steel. At this stage, knowledge of the oxygen activity gives a reasonable indication of the carbon content. After the oxidation process, the steel has a high oxygen content which must be lowered prior to solidification, usually by the addition of metals such as elemental aluminum, silicon or manganese. The final oxygen content is important since, to a large extent, it controls the structure of the steel cast from the molten metal.

Much of the steel production used to be carried out in open-hearth furnaces, a process which took anywhere from eight to 12 hours. Oxygen content then was monitored by removing a sample of the liquid steel which was cooled and taken to a laboratory for analysis. This rather lengthy procedure is unsatisfactory for basic oxygen furnace steel production which requires only about 45 minutes for a 100-to 200-ton batch, and a means of rapidly determining the oxygen content of the liquid steel is essential. The electrochemical oxygen probe being studied at the University of Toronto is filling this need. After insertion into the liquid steel, the probe takes five to six seconds to achieve thermal equilibrium and then provides an accurate and stable reading of the oxygen content for a further four to five seconds.

Team member Dr. Tom Etsell says of the operation of the device: "An electrochemical probe works on the same principle as an ordinary dry cell, the only difference being that instead of two different chemicals at the electrodes, the same chemical is present but at two different pressures. This creates an EMF (electromotive force or voltage) which is directly proportional to the difference in oxygen activities at the electrodes. Therefore, when the EMF is measured and the oxygen activity at one electrode and the temperature are known, the oxygen activity at the other can be easily calculated."

"In essence, we are establishing two different oxygen levels at the ends of the ceramic electrolyte and measure this



Many oxygen probes have been introduced into small induction furnaces during an extensive testing program conducted by researchers at the University of Toronto. The tests have been carried out at the Ontario Research Foundation and also at the Department of Energy, Mines and Resources in Ottawa. • De nombreuses sondes à oxygène ont été introduites dans de petits fours à induction, selon les directives données par l'Université de Toronto, au cours d'un programme d'essais étendu. La "Ontario Research Foundation" et le Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, à Ottawa, ont fait les essais.

difference in the form of an electromotive force. We know what one level is, and we can calculate the other level from the measured voltage difference," says Dr. Susan Zador, another member of the research team.

The probe itself, in manufactured form, is several feet long so it can be dipped into the liquid steel at 1600 degrees Centigrade. The actual sensor consists of an oxygen concentration cell involving an oxide ceramic electrolyte and a reference electrode of known oxygen potential. This cell, the main component of the probe, includes a piece of Vycor glass fused onto a stabilized zirconia electrolyte pellet in the shape of a cylinder, 2.8 millimeters (0.11 inch) in diameter and five millimeters (0.197 inch) long. The end inside the Vycor tube contains a small hole into which a platinum bead welded to a platinum wire is pressed to form the lead wire for the reference electrode. The outer lead for the probe is an iron tube separated from the Vycor by a ceramic insulator insert, the circuit being completed through the liquid steel. The leads are simply connected to a potentiometer, from which the oxygen readings are obtained, and a recorder.

The probe has a life span in the liquid steel environment

Le CNRC aide une compagnie canadienne

La sonde électrochimique à oxygène

Des recherches conduites par une équipe de chercheurs de l'Université de Toronto viennent en aide à une compagnie canadienne fabriquant des sondes électrochimiques pour mesurer la teneur en oxygène des aciers au cours de leur élaboration. Cette équipe bénéficie d'une subvention pour projets spéciaux de 147 000 dollars du Conseil national de recherches du Canada. Elle est dirigée par le Dr C.B. Alcock, chef du Département de métallurgie et des matériaux de l'université et elle étudie, depuis le début de 1971, les améliorations à apporter à cette sonde dont le rôle est considéré comme vital.

Grâce à ces travaux, on a déjà pu améliorer les sondes produites à l'échelle industrielle depuis 1970. Les chercheurs travaillent en collaboration avec la compagnie "Leigh Instruments Limited" et avec une autre compagnie associée, la "Quality Hermetics Limited", de Toronto. Parmi les nombreuses compagnies canadiennes importantes qui se servent de cette sonde, on trouve la "Steel Company of Canada Limited" (Stelco), la "Dominion Foundries and Steel Limited (Dofasco)" et la "Algoma Steel". Les aciéries Japonaises s'intéressent aussi beaucoup à ces sondes.

Afin de comprendre et d'apprécier l'importance des sondes électrochimiques de mesure de l'oxygène, il est nécessaire de savoir comment on fabrique de l'acier. La fonte produite est d'abord versée dans un four où l'on injecte de l'oxygène à l'aide d'une tuyère afin de réduire le carbone et les autres éléments comme la silice, le manganèse, le soufre et le phosphore. La fonte contient environ 4% de carbone et cette proportion doit être réduite généralement à moins de 1% si l'on veut obtenir de l'acier. Il est donc essentiel de connaître la proportion de carbone restant dans le matériau en fusion. Après avoir éliminé le carbone en excès en le faisant brûler, on trouve que l'acier contient trop d'oxygène qu'il faut alors éliminer avant la solidification. On y parvient en ajoutant des métaux comme l'aluminium, le silicium ou le manganèse. La proportion finale d'oxygène est importante puisque, dans une large mesure, c'est cet oxygène qui détermine la structure de l'acier coulé.

A researcher's hand provides perspective for the size of the electrolyte pellet and the Vycor glass used in the manufactured probes.

• Photographie illustrant les dimensions de l'électrolyte et du tube de Vycor.



Jusqu'à ces derniers temps, on a obtenu une grande proportion des aciers en se servant de fours ouverts ce qui prend de 8 à 12 heures. On a déterminé la teneur en oxygène par l'analyse en laboratoire d'un échantillon de l'acier liquide mais, à notre époque, cette méthode est devenue trop lente car les fours modernes sont alimentés en oxygène pur et l'oxydation ne dure que 45 minutes environ pour produire 100 à 200 tonnes d'acier. Il est donc essentiel de disposer de sondes permettant de déterminer rapidement la teneur en oxygène. La sonde de l'Université de Toronto a été étudiée dans ce but; après cinq à six secondes d'immersion dans l'acier liquide, il y a équilibre thermique et l'on peut lire avec précision quatre à cinq secondes plus tard la teneur en oxygène.

Le Dr Tom Etsell, membre de l'équipe de chercheurs, nous a dit: "Une sonde électrochimique fonctionne comme une pile sèche ordinaire, la seule différence étant que les électrodes sont de même nature chimique mais à des pressions différentes. On obtient ainsi une différence de potentiel, ou tension électrique, qui est proportionnelle à la différence de teneur en oxygène sur les électrodes. Donc, lorsque une tension est mesurée et que l'on connaît la température et l'évolution de la teneur en oxygène sur une électrode, il est possible de calculer facilement le pourcentage en oxygène sur l'autre électrode".

"Nous établissons donc essentiellement deux niveaux différents d'oxygène entre les extrémités de l'électrolyte en céramique et la mesure de cette différence se fait sous la forme d'une tension", nous a dit le Dr Susan Zador, autre membre de l'équipe de chercheurs.

La sonde fabriquée en série comprend une tige de plusieurs pieds de longueur, munie d'une tête sensible à l'extrémité qui est plongée dans l'acier liquide à 1 600°C. La tête sensible, c'est-à-dire le capteur, comporte un oxyde résistant aux très hautes températures et jouant le rôle d'électrolyte, une électrode de référence dont le potentiel en oxygène est connu et un tube en verre "Vycor" fondu sur lequel est fixé l'électrolyte stabilisé au zircon et ayant la forme d'un petit bloc cylindrique de 2,8 millimètres de diamètre et de cinq millimètres de longueur. L'extrémité à l'intérieur du tube est percée d'un petit trou sur lequel est fixée une bille de platine soudée à un fil de platine pour constituer le "fil" électrique de l'électrode de référence. L'autre "fil" de la sonde est un tube en fer séparé du tube en Vycor par un isolant en céramique. Le circuit est fermé par l'acier liquide lors de l'immersion. Les "fils" sont tout simplement reliés à un potentiomètre gradué en pourcentages d'oxygène et à un enregistreur.

La sonde a une endurance d'environ 15 secondes. Une coiffe mince, qui recouvre l'électrolyte pour le protéger au moment de l'immersion dans l'acier liquide, brûle en deux ou trois secondes ce qui met l'électrolyte en contact avec l'acier liquide. Pendant les cinq à six secondes suivantes le capteur s'échauffe et la tension est stable lorsque l'équilibre thermique est atteint. On obtient alors une détermination sûre et précise du pourcentage d'oxygène dans l'acier. La durée pendant laquelle la lecture est constante est déterminée plus par l'endurance du matériau de protection de la sonde que par celle de la tête sensible. Des essais comparatifs étendus faits par la "Ontario Research Foundation" et par le Ministère fédéral de l'énergie, des mines et des ressources ont montré que la sonde est sûre et précise. Il existe d'autres sondes électrochimiques à oxygène sur le marché; leur principe de fonctionnement est le même mais la teneur en oxygène de l'électrode de référence est différente.

oxygen sensor

of about 15 seconds. A thin cap covers the electrolyte pellet to protect it as it passes into the liquid steel. The cap burns off in two to three seconds, and the steel floods in around the outer surface of the pellet. For the next five to six seconds, the cell heats to the steel temperature but, until thermal equilibrium is reached, the voltage fluctuates. Finally, it adopts a steady value which enables an accurate and reliable determination to be made of the oxygen content of the steel. The duration of this steady reading is determined by the life span of the protective hardware in the probe, rather than that of the cell itself. Extensive testing at the Ontario Research Foundation, by comparing probe results with those obtained by laboratory analysis on samples of steel taken simultaneously, has proved the probe's reliability and accuracy. The probes have also performed well in testing conducted at the federal Department of Energy, Mines and Resources. There are a few other commercially produced electrochemical oxygen probes using the same principle, but different reference oxygen potentials.

Numerous problems involving manufacturing and application, reference electrodes and ceramic materials have surrounded the project since the research team started to improve probes already being manufactured by Leigh Instruments Limited, and devise new ones.

It has been found that cracks often appear either during or sometimes after production in both the Vycor and the ceramic oxide electrolyte; in the course of production, one end of the Vycor tube is melted and collapsed onto the electrolyte, thus providing a seal; the temperature is raised for this operation to about 1600 degrees Centigrade after which the assembly is allowed to cool. High stresses are set up due to the large difference in the thermal expansion coefficients in the tube. Photoelastic measurements of the strain present in the glass after various subsequent heat treatments have pointed the way to a solution. If, instead of allowing the completed unit to cool, a temperature of about 850 degrees Centigrade is maintained for a number of hours, significant stress relief is realized under laboratory conditions. This study will soon be continued in field trials of the new sealing process under actual manufacturing conditions.

Dr. Alcock stresses the importance of such mission-oriented research and industrial involvement for university researchers.

"There are many problems which crop up that the scientist, left alone in his laboratory, would never look at. It's the interaction between the need to produce and the need for fundamental information in certain areas that he has to serve, which makes the difference. Mission-oriented research has to be the result of a dialogue (between scientists and their industrial counterparts). It is a closed loop, a process of negative feedback which straightens everything out. Without it, I think mission-oriented research is a waste of time."

As an example of successful collaboration between industry and scientist, Dr. Alcock cites the case of the electrochemical oxygen probe and the subtlety of its original application.

"The industrialist wants to get things going and into production. He therefore takes shortcuts, which in one context he gets away with, but as soon as he tries to apply the thing to something else, it won't work anymore."

Such was the case with the oxygen probe, which had been specifically designed to operate in liquid steel at about 1600 degrees Centigrade. Attempts were made to use the probe in

a copper refining furnace at about 1200 degrees Centigrade; however, the Vycor cracked. It was found that the cracks appearing in the glass, described earlier, were eliminated in a steel bath as Vycor softens above 1500 degrees Centigrade. However, the glass remained brittle at the lower temperature in a copper furnace so that the strain present caused it to crack severely and break away from the ceramic oxide plug.

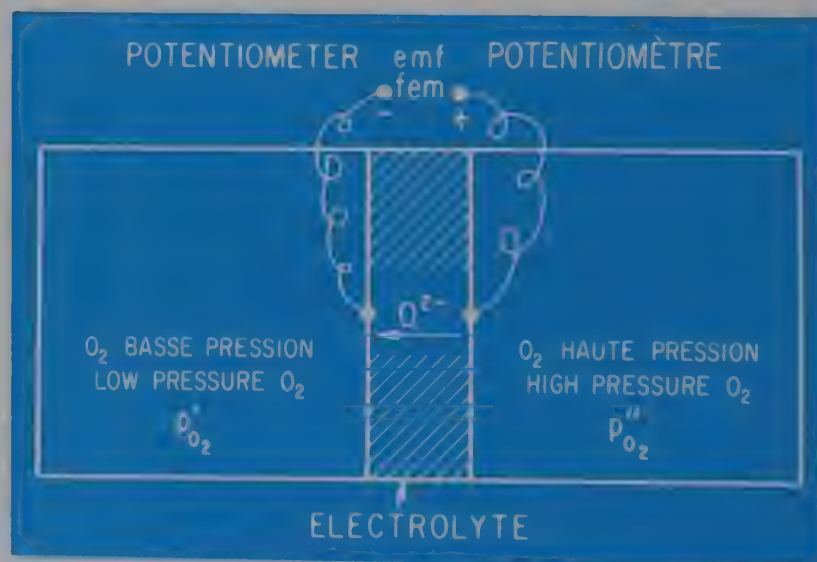
Other problem areas which have been investigated by the team of scientists of the University of Toronto include oxygen permeability through the electrolytes and the reasons for its occurrence. Inaccurate readings in steel with high oxygen contents also have caused concern, and reasons for this limitation in existing probes have been identified as cracking of the electrolyte combined with chemical interaction of components of the probe with the steel bath.

In new areas of research, the quest for alternate and better reference electrodes has resulted in thermodynamic studies on oxides of molybdenum and vanadium. Thermo-electric power measurements are now being conducted in the hope of developing a non-isothermal probe, that is, one with a long life span in a liquid steel environment which would provide continuous readings.

The effect of the amounts, distribution and nature of phases and pores in ceramic electrolytes on thermal shock resistance after plunging the probe into liquid steel is being investigated, with results that support findings of other workers that some ceramic mixtures have a structure which provides an internal cushioning effect during thermal shock. Preparative techniques for improved electrolyte materials and their electrical and thermal properties are also being extensively studied.

"The first two years of the program were really spent doing very basic research and checking figures already in the literature," says Dr. Alcock. "Now we're getting somewhere and, with collaboration from industry, we have a probe that can be relied upon." □

David Smithers



A simple diagram showing the method of operation of the electrochemical oxygen probe devised with National Research Council assistance by a team of researchers at the University of Toronto and manufactured by Quality Hermetics Limited. • Schéma de fonctionnement de la sonde à oxygène d'un groupe de chercheurs de l'Université de Toronto aidés par le CNRC. Cette sonde est fabriquée par la compagnie "Quality Hermetics Limited".

La sonde à oxygène



A closeup view of the electrochemical oxygen probe as it is manufactured by Quality Hermetics Limited. The small stabilized zirconia pellet can be seen in the tip of the piece of Vycor glass which protrudes from the probe. • Extrémité de la sonde fabriquée par la compagnie "Quality Hermetics Limited". Grâce à l'agrandissement, on voit clairement le petit cylindre de zircone fixé au sommet du tube de verre Vycor.

Pour améliorer ces sondes, fabriquées par la compagnie "Leigh Instruments Limited" et pour en étudier de nouvelles, il a fallu s'attaquer à de nouveaux problèmes se rapportant aux fabrications, aux applications, aux électrodes de référence et aux céramiques.

On a trouvé notamment qu'il se produisait souvent des fissures dans le tube en Vycor et dans l'électrolyte au zircone durant ou après la fabrication. Il est à noter que le joint entre le tube en Vycor et l'électrolyte est obtenu par fusion vers 1 600°C, ce qui donne de fortes contraintes dans le tube au refroidissement en raison de la grande différence entre les coefficients de dilatation des matériaux. Des mesures photo-élasticimétriques des déformations du verre après différents traitements à chaud ont montré comment résoudre le problème. Si, au lieu de laisser l'ensemble se refroidir complètement, on le maintient à une température d'environ 850°C pendant plusieurs heures, on s'aperçoit que, dans des conditions de laboratoire, les contraintes sont moindres et s'égalisent plus facilement au cours du refroidissement. Cette étude va être continuée lors de l'utilisation du nouveau joint en service.

Le Dr Alcock a mis en relief l'importance, pour les chercheurs universitaires, des recherches orientées de ce type faites en coopération avec l'industrie.

Il nous a dit: "Le chercheur n'essaierait pas de résoudre de nombreux problèmes si on le laissait seul dans son laboratoire car il n'éprouverait pas le besoin de se procurer des informations fondamentales dans certains domaines du fait que ses recherches ne seraient pas liées au besoin de produire à l'échelle industrielle. La recherche orientée doit être le résultat d'un dialogue entre le chercheur et ses collègues ingénieurs dans l'industrie. On peut considérer ces chercheurs et ces ingénieurs comme formant un système à boucle fermée grâce auquel on peut réussir et sans lequel la recherche orientée serait une perte de temps".

Comme exemple de collaboration réussie entre les ingénieurs industriels et les chercheurs, le Dr Alcock rappelle les pièges que l'on peut rencontrer lorsque l'on s'écarte de l'application prévue à l'origine comme cela a été le cas avec cette sonde électrochimique à oxygène. Écoutons-le:

"Les industriels veulent que tout marche bien et que l'on produise. Ils essayent donc toujours de prendre les voies les plus courtes pour atteindre leur objectif ce qui les conduit parfois à un échec car un instrument donné prévu pour une certaine utilisation n'est pas toujours applicable à d'autres domaines".

C'est le cas de cette sonde à oxygène conçue tout spécialement pour travailler dans de l'acier liquide vers 1 600°C et qui n'a pas donné de bons résultats lorsque l'on a essayé de s'en servir dans des fours de raffinage du cuivre vers 1 200°C. Comme le tube de Vycor éclatait, on a fait des recherches et l'on a trouvé que les fissures dans le verre, décrites plus haut, n'apparaissent pas dans un bain d'acier du fait que le tube de Vycor se ramollit au-dessus de 1 500°C. Par contre, dans le four de raffinage du cuivre, à température inférieure, il n'y a pas ramollissement et des contraintes excessives naissent dans le verre, le font éclater et, de ce fait, se détacher du zircone.

Les chercheurs de l'Université de Toronto ont étudié d'autres domaines comme la perméabilité de l'électrolyte à l'oxygène et les causes de mesures fausses dans l'acier à fort pourcentage d'oxygène. On a trouvé que l'électrolyte se fissurait et qu'il existait une interaction chimique des composantes de la sonde avec le bain d'acier fondu.

On a fait aussi des recherches pour trouver de meilleures électrodes de référence ce qui a conduit à faire des études thermodynamiques des oxydes de molybdène et de vanadium. Des mesures de la puissance thermo-électrique se font actuellement dans l'espoir de mettre au point une sonde non isotherme de longue endurance dans l'acier liquide et à lecture continue.

L'influence du nombre de phases et des pores, de leurs répartitions et de leur nature, dans les électrolytes céramiques, sur la résistance aux chocs thermiques est actuellement à l'étude et les résultats déjà obtenus, confirmés d'ailleurs par d'autres chercheurs, montrent que certains mélanges de céramiques ont une structure qui amortit les effets des chocs thermiques. On étudie également des techniques de préparation et les propriétés électriques et thermiques de meilleurs matériaux pour les électrolytes.

Le Dr Alcock a terminé en disant: "Les deux premières années du programme ont été vraiment passées à faire des études très fondamentales et à vérifier des résultats numériques mentionnés par des collègues. Maintenant, nous atteignons notre but et, en collaboration avec l'industrie, nous avons maintenant une sonde sur laquelle nous pouvons compter". □

Communicating research results — The Canadian Journals of Research



What is a referee?

To the sports enthusiast — the recognized authority in administering the rules of a football, hockey or baseball game.

But to the scientist or engineer?

Though they are never provided with any information as to the person's identity, the referee, in their case, fulfills somewhat the same function. When a scientist or engineer completes a research project, the results must be communicated to the scientific community at large, unless these results are of a proprietary nature, as is often the case in industrial research. In order to do this, a paper is written and sent to an editor who, in turn, sends it to a referee. The referee is an authority in the area of the subject matter and makes an assessment of the paper's suitability for publication. Is it truly an original work? Does it really contribute something new to knowledge?

"Publication is an integral part of scientific research," says Dr. Claude Bishop, Editor-in-Chief of the eleven Canadian Journals of Research published by the National Research Council of Canada. "A person could have performed the finest piece of research in the world, but if nobody else knows about it, it is not a contribution to knowledge. It becomes so only when it is published and made available to the rest of the scientific community to use, examine, or assess its validity."

Initially, the few scientists in the world — Copernicus, Galileo, Newton — communicated their results to each other by private letter. As more and more people became involved in science and scientific research, the need to communicate results was felt more broadly. The private letter was followed by informal gatherings, these gatherings eventually leading to the formation of scientific societies.

The oldest scientific society in Great Britain, and perhaps one of the oldest in Europe, is the Royal Society, usually considered to have been founded in 1660. But as early as 1645, weekly meetings took place in London of "divers worthy

persons, inquisitive into natural philosophy and other parts of human learning, and particularly of what hath been called the New Philosophy or Experimental Philosophy."

The correspondence which was maintained with continental philosophers at this early stage was an important part of the Society's work and selections from it formed the beginnings of "Philosophical Transactions: Giving an Account of the Undertakings, Studies and Labours of the Ingenious in Many Considerable Parts of the World." The first edition contained volumes 1 to 3, 1665 to 1668. A diverse range of subjects was covered by the Transactions: "Of a peculiar lead-ore of Germany, and the use thereof"; "A spot in one of the belts of Jupiter"; "The motion of the late comet predicted," and in 1780, a paper on the verification that Mozart was indeed a child prodigy.

Traditionally then, societies (the Royal Society in England, the Académie des Sciences in France, and similar bodies even earlier in Italy) established their own periodical literature and, in addition, provided some financial assistance for experiments — all of which speeded up the collation and communication of scientific results.

In Canada, however, scientific societies were (and to a great extent still are) too small to provide financial support for a publication program that is competitive internationally. Canadians were largely dependent upon foreign journals, already overcrowded as a result of the activities of their own scientific people. This situation resulted not only in delaying the publication of Canadian scientific papers, but also in loss of credit to Canada for the research work covered by papers published in foreign journals.

"I have been hoping that we could get enough forward with the research organization in Canada that a nucleus of publication work could be begun," stated Dr. H.M. Tory, founder and first president of the National Research Council of Canada, in 1925.

Four years later, in 1929, NRC established a national journal devoted exclusively to the publication of research papers. This first journal was called The Canadian Journal of Research.

"This Journal . . . while it is intended primarily for the publication of results of work carried out under the auspices of the Council, either in its own laboratories or under assisted research grants and scholarships, will also be open for suitable papers from any Canadian research worker," stated Dr. Tory in his 1929 Annual Report.

The Journal continued as such until 1935, when it was divided into sections covering Botany, Chemistry, Physics, and Zoology. These sections became separate journals of their own in 1950. Two new sections to the Canadian Journal of Research — Medical Science, and Technology — were begun in 1944. The former grew into two journals, the Canadian Journal of Biochemistry and the Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, both of which were established in 1964. The section on Technology attracted papers mainly in the area of chemical engineering and was turned over to the Chemical Institute of Canada in 1957. It has continued to be published by the Institute (with financial assistance from NRC) as the Canadian Journal of Chemical Engineering. The Canadian Journal of Microbiology was begun in 1954; the Canadian Journal of Earth Sciences in 1964, and the Canadian Journal of Forest Research in 1971. The Canadian Geotechnical Journal became part of the NRC series of primary journals in 1969, at the request of a group of soil engineers who had

Antennes des sciences au Canada

Les Journaux canadiens de la recherche

Qu'est-ce qu'un arbitre?

Pour le sportif, c'est la personne qui veille à l'observation des règles qui régissent les jeux de football, de hockey ou de baseball.

Mais pour le scientifique ou l'ingénieur?

Bien que son identité ne leur soit jamais révélée, l'arbitre, appelé examinateur, joue à peu près le même rôle. Lorsqu'un scientifique ou un ingénieur a achevé un travail de recherche, il doit en communiquer les résultats au monde scientifique. A moins que ses travaux soient protégés par la législation sur la propriété industrielle, comme c'est souvent le cas pour certaines recherches industrielles, il rédigera une communication qu'il enverra à un rédacteur qui, à son tour, la transmettra à un examinateur. Cet examinateur fait autorité dans la spécialité de l'auteur et indique au rédacteur si, à son avis, le contenu de cette communication en justifie la publication. S'agit-il véritablement d'un travail original? Apporte-t-il quelque chose de nouveau dans le domaine des connaissances?

Écoutons le Dr Claude Bishop, rédacteur-en-chef des onze journaux canadiens de la recherche scientifique, publiés par le Conseil national de recherches du Canada: "La publication fait partie intégrante de la recherche scientifique. En effet, à quoi cela servirait-il qu'un chercheur mène à bien des travaux égalés nulle part ailleurs dans le monde si personne n'en est informé. Ils ne pourront augmenter la somme des connaissances existantes que s'il les publie."

Jadis, Copernic, Galilée et Newton, parmi les quelques rares scientifiques d'alors, communiquaient leurs résultats par lettres personnelles. Avec l'accroissement du nombre des scientifiques et des chercheurs, la nécessité de communiquer les résultats de leur recherche est apparue de plus en plus urgente. La lettre personnelle a été alors remplacée par des réunions comme celles du Collège de France fondé en 1530 et où "les maîtres les plus éminents" . . . communiquent "les résultats qu'ils ont obtenus dans les recherches où ils se sont spécialisés". Ces réunions ont éventuellement conduit à la création de sociétés savantes.

La plus ancienne de celles-ci, en Grande-Bretagne, et peut-être l'une des plus anciennes d'Europe, est la "Royal Society" dont on fait généralement remonter la création à 1660. Mais, dès 1645, des réunions hebdomadaires de "diverses personnes de valeur s'intéressant à la philosophie naturelle et à d'autres éléments du savoir humain, et notamment à ce que l'on a appelé la Philosophie nouvelle ou la Philosophie expérimentale" avaient lieu à Londres.

La correspondance qu'elle entretenait, à ses débuts, avec les philosophes du continent européen constituait une partie importante des travaux de la Société et une sélection faite parmi cette correspondance a donné naissance à "Philosophical Transactions: Giving an Accompt of the Undertakings, Studies and Labours of the Ingenious in Many Considerable Parts of the World" (Comptes rendus sur les entreprises, les études et les travaux des chercheurs de nombreux pays). La première édition comprenant les volumes 1 à 3 couvrait les années 1665 à 1668 et des sujets aussi divers que: "D'un curieux minéral de plomb en Allemagne et de son utilisation"; "Une tache dans l'une des bandes de Jupiter"; "Prévisions du mouvement de la comète dernièrement découverte" et, en 1780, une communication apportant la preuve que Mozart était effectivement un enfant prodige.

Il était alors de tradition pour les sociétés savantes comme la Royal Society, en Angleterre, l'Académie des sciences, en France, et à une époque encore plus éloignée d'autres



organismes similaires en Italie, de créer leurs propres publications périodiques ainsi que de prévoir une certaine assistance financière pour les expériences. Toutes ces mesures ont permis d'accélérer le collationnement et la diffusion des résultats scientifiques.

Au Canada, au contraire, les sociétés savantes étaient (et sont encore dans une large mesure) trop petites pour financer un programme de publication pouvant soutenir la concurrence sur le plan international. Les Canadiens étaient largement tributaires des publications étrangères déjà surchargées. Cet état de choses a non seulement conduit à retarder la publication de communications scientifiques canadiennes mais il a aussi contribué à faire oublier que les travaux de recherche publiés par des journaux scientifiques étrangers étaient faits au Canada.

Le Dr H.M. Tory, fondateur et premier président du Conseil national de recherches du Canada, en 1925, nous a confié: "J'ai pensé que nous pourrions développer suffisamment l'organisation de la recherche au Canada pour réunir les éléments nous permettant d'assurer le lancement d'une première publication".

Quatre ans plus tard, en 1929, le C.N.R.C. créait un journal national consacré exclusivement à la publication des communications scientifiques: "The Canadian Journal of Research".

"Bien que l'objet principal de ce journal soit de publier les résultats de travaux exécutés sous les auspices du Conseil, dans ses propres laboratoires où grâce à des bourses ou subventions, il ouvrira également ses colonnes à tous les chercheurs canadiens qui soumettront une communication valable", écrivait le Dr Tory dans son rapport annuel de 1929.

La publication de ce journal devait continuer sous sa forme d'origine jusqu'en 1935, époque à laquelle il a été divisé en quatre sections couvrant la botanique, la chimie, la physique et la zoologie. Ces sections devaient, en 1950, constituer autant

published the journal since 1963. Two of the Journals (Chemistry and Physics) are published twice-monthly; two (Forest Research and Geotechnical) appear on a quarterly basis, and the rest are monthly publications.

"The evolution of the Journals may have the appearance of being a very 'ad hoc' and unplanned sequence," says Dr. Bishop, "but consideration of the history of science in Canada shows that the development of the Journals reflects quite accurately the development of science in this country."

The Journals created in the last 20 years responded to demands from scientists in those fields. What then, one may ask, are the criteria that should be used in considering the initiation of a new journal?

First, the proposed journal should fill a gap in the existing literature. This gap can be at the international level, if there are few journals in the field, or at the national level if Canadian authors have difficult or limited access to journals published outside Canada. In either case, there must be sufficient activity to maintain a journal initially at the level of quarterly publication if it is to have any impact. A little known fact is that the mortality rate of scientific journals is some 33 to 40 per cent.

"If one assumes 15 papers per issue, 60 annually, and a normal rejection rate of 25 per cent, then it is clear," Dr. Bishop says, "that a minimum of 80 submissions per year would have to be guaranteed on a continuing basis before initiating a new journal. Such an output would represent some 40 to 60 researchers working actively in the field and prepared to support a new journal. Careful planning and firmly documented evidence of support are also required.

The Canadian Journal of Civil Engineering, being published for the first time in September, is a typical example. The recently-formed Canadian Society of Civil Engineering established a publications committee to investigate ways and means to best publish a journal. The Committee approached the Council in 1972.

"Out of the variety of options available to them — they could publish on their own; approach the Engineering Institute of Canada; or apply to NRC for a grant for financial assistance — they chose to ask NRC to publish it," says Dr. Bishop.

Budget for the Journals currently runs at \$1.65 million a year. Subscriptions, which range from \$5 for a personal copy of a quarterly journal, to \$48 for the multi-user of a semi-monthly publication, help to cover about 25 per cent of the cost. (The deficit is regarded as a justifiable expense on behalf of Canadian science and engineering. As most of the research published is funded by the federal government, it is logical that funds be provided to permit this very important phase of the research process).

The Journals are under the authority of Council. On a day-to-day basis they are under the direction of the Editor-in-Chief and the Manager. Policies arise from two sources: first, the Board of Scientific Editors, made up of the editors of each of the Journals, and second, an Advisory Committee consisting of people who have experience or a particular expertise in some facet of scientific publication. The former group is concerned with the scope of the journals, what type should be published, formats, and standards. The Advisory Committee deals with long-range policies — the initiation of a new journal, journal economics, new forms of publications, new printing methods and future trends.

Papers may come from any scientist or engineer in any part of the world, on any topic. NRC's Nobel Laureate, Dr. Gerhard

PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS
GIVING SOME
ACCOMPT
OF THE PROGRESS
OF THE
INGENIOUS
IN THE
CONSIDERABLE PART
OF THE
WORLD.

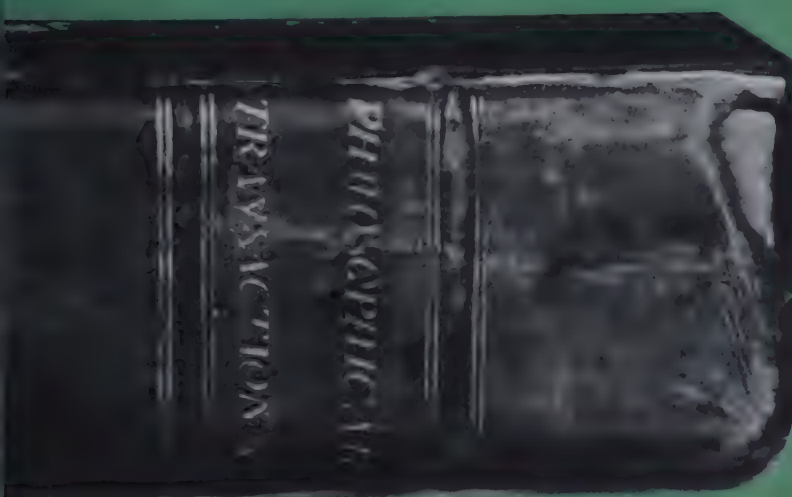
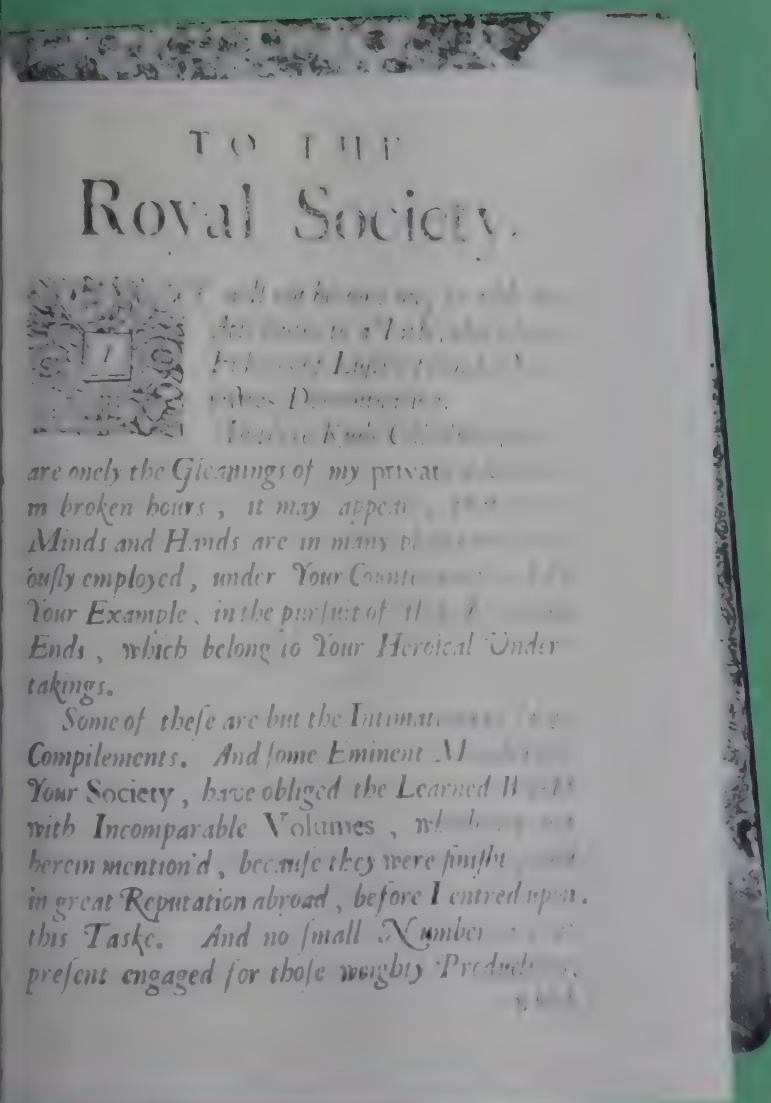
Vol. I.

For Anno 1665, and 1666.

In the SAVOY,

Printed by T. N. for John Moxon at the Bell, a little within
Temple Bar, and James Allestry in Duck-Lane,
Printers to the Royal Society.





de journaux séparés. Deux nouvelles sections, l'une consacrée aux sciences médicales, l'autre à la technologie, ont été ajoutées au Journal canadien de la recherche scientifique à partir de 1944. La section consacrée aux sciences médicales devait donner naissance à deux journaux séparés: le Journal canadien de biochimie et le Journal canadien de physiologie et de pharmacologie qui ont été publiés pour la première fois en 1964. Ce sont surtout des communications touchant le domaine du génie chimique qui ont été soumises pour publication dans la section consacrée à la technologie dont la responsabilité a été confiée, en 1957, à l'Institut de Chimie du Canada. L'Institut continue à la publier sous le titre de Journal canadien de génie chimique. Le Journal canadien de microbiologie a été créé en 1954; le Journal canadien des sciences de la terre, en 1964, et le Journal canadien de la recherche forestière, en 1971. C'est en 1969, sur la demande d'un groupe d'ingénieurs des sols, qui en avait assuré la publication depuis 1963, que le Journal canadien de géotechnique a été inclus dans la série du C.N.R.C. des principaux journaux de recherche. Deux de ces journaux, ceux de chimie et de physique, sont bimensuels; deux autres, ceux de la recherche forestière et de géotechnique, sont trimestriels et tous les autres sont des mensuels. Écoutons le Dr Bishop: "A première vue cette évolution semble tout à fait fortuite mais un examen de l'histoire des sciences au Canada montre bien que l'apparition de ces publications reflète très précisément l'évolution des sciences dans ce pays".

Les journaux qui ont vu le jour au cours de ces vingt dernières années répondaient au souhait de scientifiques spécialistes des domaines couverts par ces publications. Quels sont alors, est-on en droit de se demander, les critères qui doivent présider à la création d'un nouveau journal?

En premier lieu, le journal envisagé doit combler une lacune parmi les publications existantes. Cette lacune peut apparaître au niveau international, s'il existe peu de revues dans la discipline considérée, ou au niveau national si les auteurs canadiens éprouvent des difficultés à se procurer des publications publiées à l'étranger. Dans l'un ou l'autre cas, les communications doivent être assez nombreuses pour justifier d'une périodicité trimestrielle initiale et d'un niveau assez élevé si l'on veut apporter une contribution certaine. Il n'est pas inutile en effet de rappeler que 33 à 40% des publications scientifiques disparaissent très vite.

Si l'on envisage de présenter 15 communications par numéro, soit 60 par année, et que le pourcentage des communications non retenues atteigne 25%, il apparaît immédiatement qu'il faudra être assuré d'en recevoir au minimum 80 par an pour être en mesure de lancer un nouveau journal. Une production de cet ordre implique la participation d'environ 40 à 60 chercheurs travaillant activement dans le domaine en question et prêts à contribuer au lancement d'un nouveau journal. Il est donc manifeste qu'une telle initiative doit être précédée d'une planification minutieuse et d'une garantie absolue de soutien.

On ne peut trouver de meilleur exemple pour illustrer notre propos que le Journal canadien de génie civil qui doit paraître pour la première fois en septembre. De création récente, la Société canadienne de génie civil a mis sur pied un Comité des publications chargé d'étudier quels sont les meilleurs moyens de publier un journal. Ce comité a pris contact avec le Conseil en 1972. Le Dr Bishop nous a dit: "Différentes options s'offraient à cette société: assurer ses propres publications;

Herzberg, publishes many of his papers in the Canadian Journal of Physics. Dr. A.D. Allen of the University of Toronto published one of the first papers on nitrogen fixation in the Canadian Journal of Chemistry; and Dr. Raymond Lemieux, the first scientist to synthesize sugar, publishes most of his results in the Journals. As soon as a paper is accepted for publication, it is forwarded to the Manager's Office to be copy-edited and sent on to the printer. Last year, 3,350 papers were submitted to the Journals with 2,423 being accepted for publication (including 1,866 Canadian papers). This represented a total of 18,321 printed pages.

Papers are published in the language in which they are submitted, that is, they may be published in either of Canada's two official languages.

"This has been the case since 1929 when the Journals were initiated," says Dr. Bishop. "As we were able to arrange adequate translation services over a period of time, abstracts of each paper in both languages also began to be published. Today, abstracts appear in all eleven Journals in both languages."

Because the success of any scientific journal vitally depends upon high standards, the scientific editor is the key person and his selection must be made with care. The scientific editors, who are responsible for setting and maintaining high standards, are chosen from the government, university or industrial sectors and take full responsibility for the scientific content of the Journals. They should have a sufficiently well established research record to command the respect of both authors and referees and should be presently active in research in the laboratory.

"This is important," says Dr. Bishop, "because with the speed at which science moves nowadays, anyone who is out of the laboratory for as little as six months, is 'out of touch'."

Present activity in laboratory research helps the editor to select reviewers and to be able to make assessments of the reviewer's remarks as they pertain to the manuscript.

"The third quality of a good editor," continues Dr. Bishop, "follows from the other two: if a person is a busy research worker and has been busy enough to produce a good research record, then that person will usually be well organized."

Diplomacy and tactfulness are additional qualities for the job.

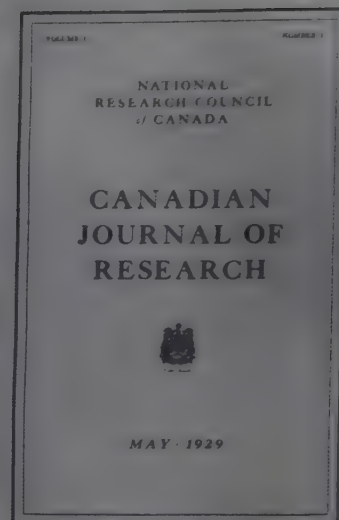
"In other words, the person has to be firm and stand by judgments made and be able to express these in a non-abrasive way," Dr. Bishop says. "And it helps to have a sense of humor."

"This combination of qualities is not so rare as might be supposed. The main difficulty in recruiting scientific editors seems to be that many active researchers are very jealous of demands on their time outside the laboratory. However, it is essential to the well-being and continuation of the Journals that such people be persuaded to serve a term as editor."

Although the editors serve without remuneration, the Journals budget does provide each with a secretary and the necessities for the operation of an office.

Over 21,600 copies of the Journals are distributed throughout the world each year, some 66 per cent of the subscriptions being from outside Canada. Circulation for individual journals is as large or larger than most well-established European journals and the Journals are covered by all abstracting and current awareness programs.

"Scientific knowledge is international," says Dr. Bishop, "so that when you are publishing a scientific paper, you are communicating the results not just to a national scientific



Dr. C.T. Bishop, Editor-in-Chief of the Canadian Journals of Research, and Associate Director, Division of Biological Sciences, NRC, with Volume 1, Number 1, of the Canadian Journal of Research, published in May, 1929. • Le Dr C.T. Bishop, rédacteur-en-chef des Journaux canadiens de la recherche scientifique et directeur associé de la Division des sciences biologiques du CNRC et une photographie du volume 1, numéro 1, du "Canadian Journal of Research", publié en mai 1929.

community but to the international scientific community. Work done in Canada may be of just as much use — in fact, may be of even more use — to a physicist who is working in the particular area of that paper in Australia, India, or France, as it is to another physicist in Canada. And so the Journals are part of the international communications network of science."

But perhaps even better evidence of the impact of the Canadian Journals is contained in a Journal Citation Report, published by the Institute of Scientific Information in Philadelphia. From a data base of almost 20,000 journals (which included any journal that was cited three or more times in the last quarter of 1969), the first 1,000 were ranked according to the total number of citations and then by what was called an impact factor — that is, the average number of citations per paper. The total number of citations for a particular journal were divided by the number of papers that were published in the journal. This eliminated the factor of the size of the journal (a journal which publishes 1,000 papers would naturally be expected to have more citations than a journal that publishes only 500).

"All of the Journals published by NRC ranked in the first 500 of the 1,000 journals that were rated," says Dr. Bishop. "Since the total data base was 20,000 journals, any that rank in the first 500 are in the top two-and-a-half per cent of the world scientific literature as ranked by citation."

"The Journals are certainly making a very valuable contribution to both the national and international scientific communities, justifying the wisdom of the policies evolved through NRC over the last 20 years, policies whereby Journals have always been under the continuing direction of active scientists." □

Joan Powers Rickerd

prendre contact avec l'Institut canadien des ingénieurs et, enfin, soumettre une demande d'aide financière au Comité de sélection des subventions du C.N.R.C. Elle a choisi de demander au C.N.R.C. de s'en charger".

Le budget annuel des journaux est actuellement de 1,65 million de dollars. Les abonnements qui s'échelonnent de 5 dollars l'exemplaire pour un journal trimestriel adressé nominativement, à 48 dollars pour un abonnement collectif à une publication bimensuelle, aident à couvrir environ 25% du prix de revient. Le déficit est considéré comme une dépense justifiée puisque ces journaux servent la cause des sciences et de la technique canadienne. Comme la majeure partie des travaux de recherche publiés est financée par le gouvernement fédéral, il est logique que des fonds soient dégagés pour soutenir cette dernière phase de la recherche.

Tout scientifique ou ingénieur, de n'importe quel pays, peut soumettre des communications sur n'importe quel sujet. Parmi les Canadiens, nous remarquons le Dr Gerhard Herzberg, Prix Nobel, qui publie un grand nombre de ses communications dans le Journal canadien de physique, le Dr A.D. Allen, de l'Université de Toronto, qui a publié dans le Journal canadien de chimie une des premières communications sur la fixation de l'azote et le Dr Raymond Lemieux, le premier scientifique ayant réussi à synthétiser le sucre et qui publie la plupart de ses résultats dans les Journaux. Les communications qui ont été retenues pour publication sont envoyées au bureau du directeur de la publication pour révision et ensuite à l'imprimeur. L'année dernière, 3 350 communications ont été soumises à la rédaction qui en a retenu 2 423 dont 1 866 communications canadiennes. L'ensemble représentait un total de 18 321 pages imprimées.

Les communications sont publiées dans la langue que l'auteur a utilisée pour la rédaction, c'est-à-dire qu'elles peuvent être publiées dans l'une ou l'autre des deux langues officielles du Canada.

"C'est la politique suivie depuis 1929, date de création des premiers Journaux. A mesure que nous avons pu faire traduire les textes, nous avons commencé à en publier les résumés dans les deux langues et c'est le cas aujourd'hui pour l'ensemble des résumés paraissant dans les onze Journaux", nous a dit le Dr Bishop.

Comme le succès de toute publication scientifique est basé sur le haut niveau des travaux publiés ce succès dépend, en fait, du rédacteur scientifique qui doit donc être soigneusement choisi. Les rédacteurs scientifiques à qui il revient d'établir et de faire respecter des normes qualitatives élevées sont choisis au sein du gouvernement, des universités ou de l'industrie et assument la pleine et entière responsabilité du contenu scientifique des Journaux. Ils doivent avoir une expérience confirmée de la recherche de sorte que leur jugement commande le respect des auteurs et des examinateurs et ils doivent également être activement engagés dans la recherche en laboratoire.

"Ce dernier point est important", nous dit le Dr Bishop, "parce que, avec la rapidité du développement des sciences de nos jours, un chercheur perd rapidement contact avec l'état de la recherche s'il n'a pas travaillé en laboratoire, ne serait-ce que pendant six mois".

Les recherches qui se font actuellement dans les laboratoires aident le rédacteur à sélectionner les examinateurs et à évaluer les remarques que ces derniers lui présentent après avoir lu le manuscrit. Écoutons encore le Dr Bishop:

"La troisième qualité d'un bon rédacteur découle des deux

premières: si un chercheur a beaucoup de travail et s'il en a eu suffisamment pour soumettre un bon dossier de recherches, il y a de fortes chances pour que ce chercheur sache bien s'organiser".

La diplomatie et le tact sont des qualités supplémentaires qu'il est bon d'avoir pour exécuter ce travail. "En d'autres mots, la personne en question doit être ferme et s'en tenir aux jugements exprimés et, enfin, être capable de les exprimer diplomatiquement. Il est également certain que les personnes qui ont beaucoup d'esprit réussiront mieux que les autres".

"Cet ensemble de qualités n'est pas aussi rare qu'on pourrait le penser. La principale difficulté rencontrée dans le recrutement de rédacteurs scientifiques semble se trouver dans le fait que nombre de chercheurs activement engagés dans la recherche sont très réticents lorsqu'il s'agit de consacrer le temps dont ils disposent à des travaux sortant du cadre de leur laboratoire".

Plus de 21 600 exemplaires des Journaux sont distribués dans le monde entier annuellement et quelque 66% des abonnements sont servis à l'étranger. Chacun de ces Journaux a une diffusion au moins égale à la plupart des journaux européens à la réputation bien établie et ils sont couverts par tous les programmes de publication de résumés et de collationnement des données les plus récentes. Citons encore le Dr Bishop: "La science est internationale et les travaux exécutés au Canada peuvent être tout aussi utiles et même plus utiles à un physicien travaillant dans le domaine particulier couvert par la communication, en Australie, en Inde, en Grande-Bretagne ou en France, qu'à un autre physicien canadien. C'est pourquoi les journaux font partie du réseau international de communications scientifiques."

Mais on trouvera peut-être la meilleure preuve de l'impact qu'ont les journaux canadiens dans le rapport publié par "l'Institute of Scientific Information", de Philadelphie, donnant une liste des journaux fréquemment cités dans la documentation scientifique. Partant de cette liste couvrant presque 20 000 revues comprenant tout journal ayant été cité au moins trois fois au cours du dernier trimestre de 1969, les 1 000 premiers journaux ont été classés en fonction du nombre de fois qu'ils ont été cités et également en fonction de ce qu'on a qualifié de facteur d'impact, c'est-à-dire du nombre moyen de citations par communication obtenu en divisant le nombre total de citations par le nombre de communications publiées dans le journal. Cette méthode a permis d'éliminer le facteur que constitue le nombre de pages du journal car il faut bien s'attendre à ce qu'un journal qui publie 1 000 communications soit cité plus fréquemment qu'un journal qui n'en publie que 500.

"Sur les 1 000 journaux qui ont été cotés, tous les journaux publiés par le C.N.R.C. se sont placés parmi les 500 premiers", nous a encore dit le Dr Bishop. Compte tenu du fait que la liste d'origine couvrait 20 000 journaux, tout journal qui se place dans les 500 premiers se situe dans les 2½% de la documentation scientifique mondiale qui a été classée en fonction de la fréquence des citations.

"Ces journaux apportent certainement une contribution précieuse à la communauté scientifique nationale et internationale. On voit donc que la politique du C.N.R.C. au cours des vingt dernières années a été sage puisqu'il a toujours été fait en sorte que les journaux soient placés sous la direction continue de scientifiques activement engagés dans la recherche", nous a enfin dit le Dr. Bishop. □

A formulation for power – Mathematics of the Fundy Tides

For centuries man has watched the ebb and flow of the tides and dreamed of tapping off the huge amounts of energy embodied in the moving mass of water. Although modern technology derives its hydraulic power almost exclusively from the damming of rivers and streams, the "tide mill" or paddle wheel driven by tidal waters has been used in Europe since antiquity. This ancient invention (the oldest known examples date back to 1100 A.D. in Britain and France) has been neglected in recent times as a means of securing power largely because of the difficulties involved in expanding the simple mill into a larger power plant operation; compared to river plants, the energy output is not only intermittent (dependent on the tides) but the problems of damming estuaries and building suitable turbines are technically more difficult. Until recently, electricity generated from dammed rivers or coal-driven thermal plants has been so cheap that the relatively high construction costs involved in tidal power development could not be economically justified. Apart from the tidal power plants at La Rance on the Brittany coast of France and in the Kislaya inlet on the shore of the Soviet Union's White Sea, the tides have not been exploited as a source of energy.

However, with the increasing scarcity of fossil fuels and the exploitation of many of the best river sites for hydroelectric power generation, other sources of energy have taken on increased importance. Along with the energy derived from the wind, the sun, molecular hydrogen combustion, and nuclear fusion, the tides are being seriously considered as a possible power source to meet the needs of the future. In a time of ecological sensitivity, tidal power has two very attractive characteristics, neither of which are shared by fossil or nuclear fuels: it is a constantly renewable energy source, and no pollution arises from the generation procedure.

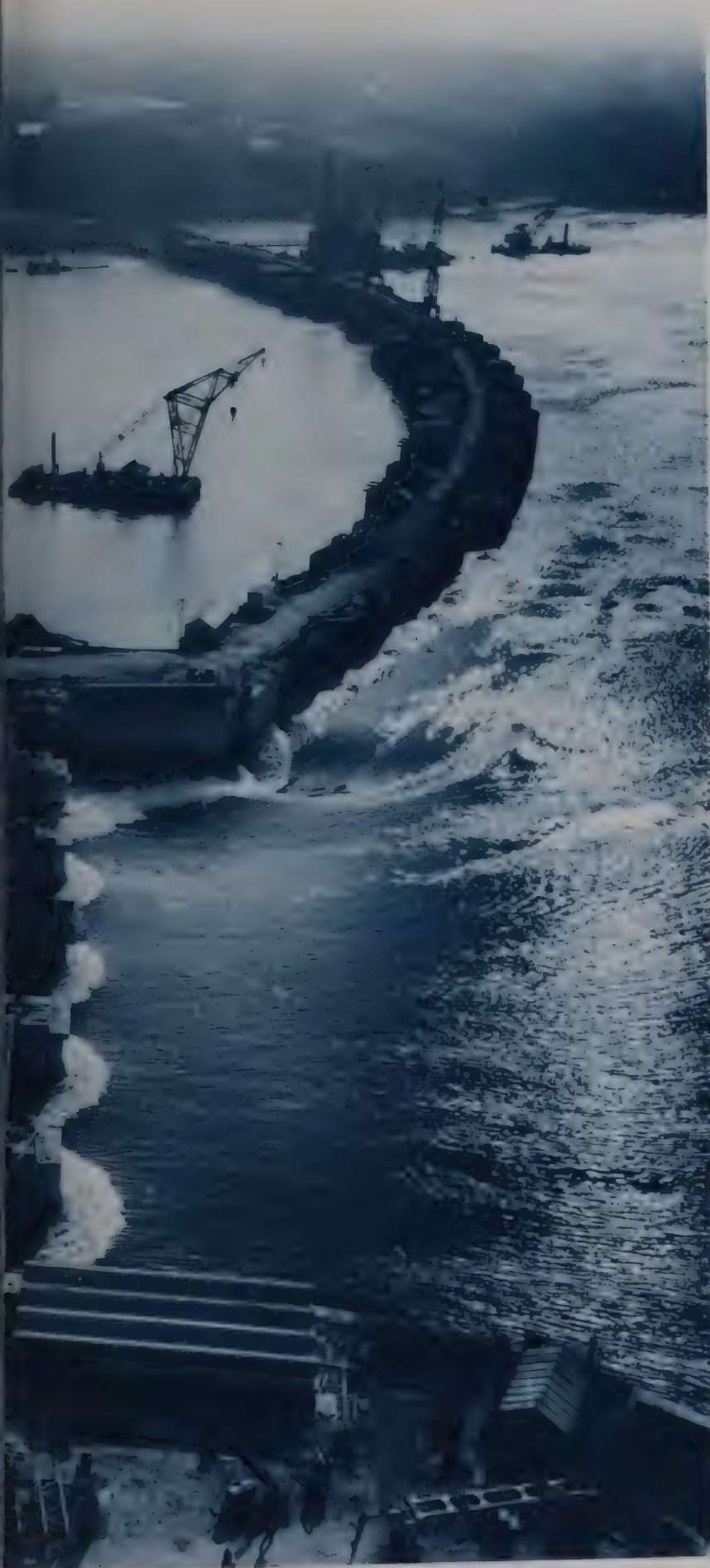
The structure of a tidal power plant takes the form of a dam or dike across an inlet with sluice gates and turbines spaced along its length. The simplest type of operation is to admit the rising tide through the sluice gates into the basin behind the barrier and close them at high tide; when the tide falls the water is then released through the turbines with the generation of electrical power. This is known as a "single-effect" operation. Using more sophisticated two-way turbines, power can be generated in both the ebb and flow periods of the tide. This "double effect" operation is currently being employed at the La Rance power plant in France.

Of the important sites in the world suitable for tidal power generation, several are located in Canada; examples are Ungava Bay in northern Quebec, Frobisher Bay and Cumberland Sound on Baffin Island, and the Bay of Fundy in the Maritimes, an arm of the Atlantic ocean separating New Brunswick and Nova Scotia. The Fundy tidal range, that is, the difference between successive high and low water marks, reaches a value of 53 feet in the Minas basin at the head of the Bay, making it one of the highest in the world. During the last 50 years, several schemes have been advanced to build tidal plants on Fundy, but except for one project by the Americans none have ever been attempted. During President

The Tidal Power Plant at La Rance, France. Situated in the Bay of St. Malo on the Atlantic Coast, this prototype plant is the only one of its kind in the world. The waters of the outgoing tide are shown passing through the power plant complex. • L'usine marémotrice de la Rance, en construction, dans la baie de Saint-Malo, en France. C'est un prototype unique au monde. Photo prise à marée basse lorsque le réservoir se vide dans la mer.



L'énergie, les mathématiques et les marées de la baie de Fundy



Pendant des siècles, l'homme a rêvé d'exploiter les marées pour obtenir d'énormes quantités d'énergie qu'il retire toutefois, de nos jours, surtout à l'aide de turbines placées en aval de barrages sur les rivières et sur les fleuves. Il est toutefois à noter que, en Europe, la roue à palettes a servi à exploiter les marées à petite échelle depuis l'antiquité. Cette vieille invention qui remonte à l'an 1100 environ, en Grande-Bretagne et en France, a été négligée ces derniers temps du fait qu'il est très difficile de passer de la roue à palettes à la centrale électrique moderne car les problèmes liés à la construction des barrages des estuaires et à celle des usines sont plus difficiles à résoudre que dans le cas des rivières et des fleuves. En outre, l'énergie des marées n'est convertie en énergie électrique que durant un certain nombre d'heures par jour. Jusqu'à ces derniers temps, l'électricité produite par les centrales hydro-électriques ou les centrales thermiques a été si bon marché que les coûts élevés de la construction d'usines marémotrices ne pouvaient pas être justifiés sur le plan économique. En dehors de l'usine marémotrice de la Rance, sur la côte de Bretagne, en France, et de celle de Kislaya, sur la côte de la Mer Blanche, en Russie, on n'a pas vraiment cherché à exploiter les marées.

Toutefois, comme les combustibles fossiles vont devenir rares et que les meilleurs sites sur les rivières et les fleuves sont déjà aménagés pour produire de l'énergie hydroélectrique, les autres sources d'énergie ont pris de l'importance et c'est le cas des marées, du vent, du soleil, de la combustion de l'hydrogène moléculaire et de la fusion nucléaire. A une époque où l'opinion publique a été sensibilisée sur le plan écologique, l'énergie que l'on pourrait tirer des marées devient très intéressante ce qui n'est pas toujours le cas pour les combustibles fossiles et nucléaires; en outre, cette énergie est constamment renouvelable et ne donne aucune pollution.

Une usine marémotrice signifie qu'il faut construire un barrage ou des digues dans un endroit où les eaux des marées ne peuvent éviter de passer et d'y placer des turbines. L'exploitation la plus simple de ces usines consiste à laisser l'eau de la marée montante entrer dans le réservoir ainsi construit, à fermer les portes des sas à marée haute et à les ouvrir à marée basse. Ainsi, les eaux accumulées dans le réservoir à la marée montante font tourner les turbines en s'écoulant dans la mer à marée basse. C'est l'usine à "effet simple", mais on peut utiliser l'effet double, c'est-à-dire faire aussi tourner les turbines durant la marée montante comme dans le cas de l'usine marémotrice de la Rance, en France.

Plusieurs sites intéressants se trouvent au Canada et l'on peut citer la baie de l'Ungava dans le nord de la province de Québec, la baie de Frobisher et la passe de Cumberland dans l'île de Baffin et la baie de Fundy dans les provinces maritimes. Cette dernière baie est vraiment une partie de l'Océan Atlantique séparant le Nouveau-Brunswick de la Nouvelle-Écosse. Les marées y atteignent jusqu'à 53 pieds de hauteur dans le bassin Minas et sont parmi les plus hautes du monde. Au cours des 50 dernières années, on a étudié plusieurs projets visant à exploiter les marées de cette baie mais, à l'exception d'un projet établi par les Américains, rien n'a été construit. Durant le programme de grands travaux de 1933 lancé par le président Roosevelt pour donner du travail aux chômeurs, on avait commencé une construction sur la côte du Maine de la baie de Fundy, plus exactement à Passamaquoddy, mais les travaux ont été arrêtés faute d'argent. En 1969, une étude de

Roosevelt's make-work program in 1933, construction was started on the Maine coast of the Bay of Fundy (in Passamaquoddy Bay), but it was never completed because of a lack of funds. In 1969, a four-year study sponsored by the Canadian government in conjunction with the provinces of New Brunswick and Nova Scotia was published which examined all aspects of tidal power plant development in Fundy. The report of the Atlantic Tidal Power Programming Board (ATPPB) suggested the best sites for the plants to be built with predictions of the power output that could be expected from the project on completion. In view of the huge costs of construction, however, a sum that might run well in excess of a billion dollars, the project was not deemed economically feasible. (The report was drawn up before the sudden rise in the cost of fossil fuels in the early 1970's).

Because such large amounts of money and construction time would have to be spent on a tidal power plant project, it is important to have a fairly detailed knowledge of how the physical system behaves (the tidal wave in the selected bay or estuary) and to reliably predict how the constructed plants would disturb or alter the system's natural state. It would be a costly mistake to build the system only to find that its presence diminished the tidal wave to the point where the energy return no longer justified the economic investment.

One of the simplest ways of obtaining this information is to build a mathematical model that reflects the behavior of the marine system, a set of equations that simulate the movements of the tidal waters as they ebb and flow through the Fundy basin. The proposed changes can then be made to the model (in this case the addition of the tidal barriers) and the resultant affects on the system studied. Expensive errors can therefore be avoided and the best sites for the tidal barriers chosen, the degree of confidence in the results being reflected in the precision with which the model simulates the real system.

Such a mathematical approach is presently being attempted by Dr. G.F.D. Duff, Chairman of the University of Toronto's Mathematics Department. With the aid of a National Research Council operating grant, he is setting up a model that simulates the tidal motion of the waters from the head of the Bay of Fundy out through the Gulf of Maine and extending across the North Atlantic ocean to the coasts of Africa and South America.

"When this study began," says Dr. Duff, "the existant models of the system did not cover much more than the Bay of Fundy itself. This includes the one used by the Atlantic Tidal Power Programming Board in its feasibility study of tidal power development. However, examination of the information on the tides in Fundy and the surrounding areas suggested the importance of extending the mathematical description to include these outlying waters. After working with some restricted models, I concluded that the tidal characteristics throughout the North Atlantic did make a difference and were significant to a realistic simulation of the Fundy tidal system."

Dr. Duff explains that some idea of the nature of tides is needed to appreciate the complexity of the Fundy system. Tides result from the gravitational attraction of the sun and the moon on the waters of the oceans, and to some extent from the centrifugal force of the earth's rotation. The energies imparted to the oceans by these forces are ultimately dissipated as tidal friction against the coasts of the continents. The fact that the sun and the moon act independently and their distances from the earth vary continuously means that an ever-changing pat-

tern of forces is exerted on the oceans, resulting in a tidal behavior that is much more complex than that of a simple, harmonious ebb and flow. Of the three main components that make up the tide-raising force in Fundy, the most important one is the semidiurnal (twice daily) lunar tide. With a period (time between successive high tides) of 12 hours, 25 minutes, this component results in an amplitude or wave height of 18.5 feet in the Minas basin at the head of the Bay. The other two components are the semidiurnal solar tide with a wave height of 2.7 feet and the lunar elliptic tide (the effect of the approach and recession of the moon in its elliptical orbit) with a wave height of 3.5 feet. As well, there are several minor components resulting from the cyclic character of the paths of the sun and the moon. The highest tides result when these various cycles

Dr. G.F.D. Duff (right) discusses a point of interest on the map of the Bay of Fundy with Dr. Y.L. Park, a colleague involved in the programming part of the study. • Le Dr G.F.D. Duff (à droite) discute, devant une carte de la baie de Fundy, avec le Dr Y.L. Park qui travaille sur la programmation de l'étude.



quatre ans faite sous l'égide du gouvernement canadien en liaison avec le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse a été publiée; dans cette étude tous les aspects du développement d'une usine marémotrice à Fundy ont été examinés. Le rapport du Bureau des programmes de l'usine marémotrice de l'Atlantique ("Atlantic Tidal Power Programming Board" ou ATPPB) contient des propositions sur les meilleurs sites de construction de ces usines et des évaluations de l'énergie que l'on pourrait en tirer. En raison du coût énorme des travaux, coût qui pourrait bien dépasser le milliard de dollars, on en a conclu que les projets n'étaient pas alors économiquement réalisables. Mais les conclusions de ce rapport sont antérieures à l'augmentation soudaine du coût des combustibles fossiles au début des années 1970.

En raison des coûts énormes en temps et en argent de tels projets, il est essentiel de savoir avec précision comment les marées se comporteront après la construction et quelles seront les perturbations apportées par ces aménagements sur le milieu environnant. Il serait absurde, en effet, d'engager de telles dépenses avant d'être sûr que les ouvrages ne diminuent pas les marées jusqu'au point où l'énergie produite est suffisamment réduite pour ne plus justifier les investissements.

L'une des méthodes les plus simples pour s'en assurer consiste à se servir d'un modèle mathématique, véritable image du système marin. Le modèle consiste en un système d'équations simulant le mouvement des eaux des marées dans la baie de Fundy. Tout changement de configuration peut être incorporé au modèle comme, par exemple, d'ajouter des

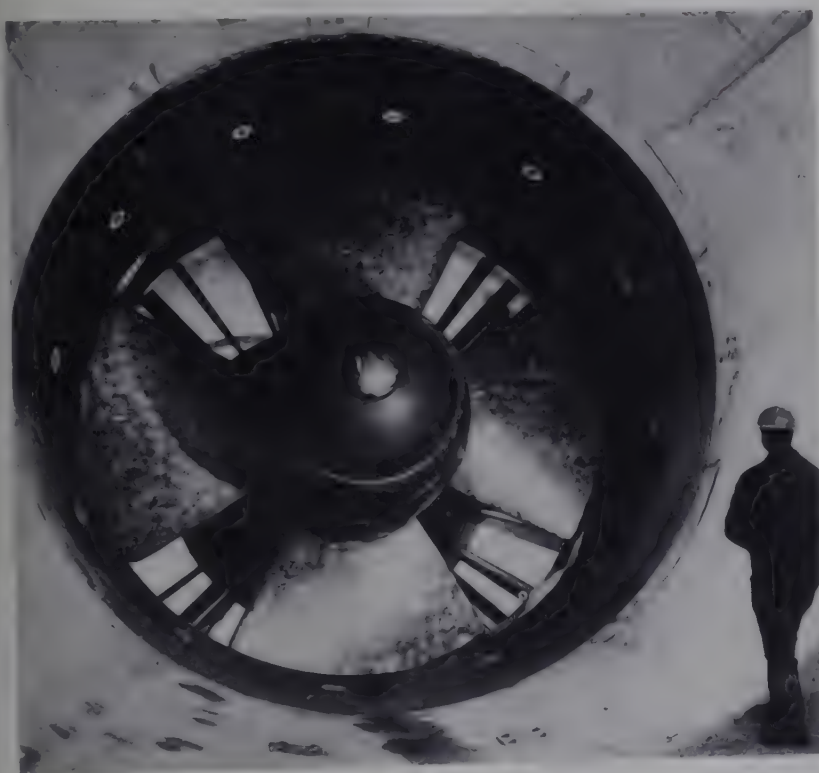
"barrières" de marée; on peut ainsi étudier l'effet de ces modifications sur le comportement du système. On peut aussi, de cette façon, éviter des erreurs coûteuses et mieux choisir les meilleurs sites. Naturellement, la précision des résultats est fonction de celle de la simulation.

C'est ainsi que le Dr J.F.D. Duff, chef du département de mathématiques de l'Université de Toronto, essaye de simuler le système. Grâce à une subvention pour dépenses courantes de recherche du Conseil national de recherches, il construit un modèle devant simuler les marées entre le fond de la baie de Fundy et le golfe du Maine et s'étendant même dans l'Océan Atlantique jusqu'aux côtes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud.

Le Dr Duff nous a dit: "Lorsque nous avons commencé cette étude les modèles existant alors ne s'étendaient pas au-delà de la baie de Fundy. Parmi ces modèles se trouvait notamment celui du Bureau des programmes des usines marémotrices de l'Atlantique. Il nous est apparu toutefois qu'il était important d'étendre l'étude mathématique au moins aux eaux des régions voisines. Après avoir travaillé avec certains modèles restreints, j'en ai tiré la conclusion que les caractéristiques des marées dans l'Atlantique Nord pouvaient être à l'origine de différences marquantes ce qui revient à dire que, pour avoir une simulation réaliste de la baie de Fundy, il est nécessaire d'inclure l'Atlantique Nord".

Le Dr Duff nous a expliqué qu'il est aussi nécessaire d'avoir une idée de la nature des marées pour pouvoir apprécier la complexité du système de la baie de Fundy. Les marées sont le résultat de l'attraction du soleil et de la lune sur les eaux des océans et, jusqu'à un certain point, de la force centrifuge due à la rotation de la terre. L'énergie qui est ainsi emmagasinée par les océans se dissipe progressivement par frottement à l'intérieur des fluides et contre les côtes des continents. Comme le soleil et la lune ont des orbites qui leur sont propres et que leur distance de la terre varie continuellement, il en résulte que les configurations des forces agissant sur les océans pour donner des marées sont en perpétuel changement de sorte que le comportement des marées est beaucoup plus complexe que celui qu'on imagine, c'est-à-dire celui d'un écoulement simple et harmonieux ayant lieu six heures dans un sens et six dans l'autre. La composante la plus importante, dans le cas de la baie de Fundy, est la marée lunaire se produisant deux fois par jour et dite semi-diurne. La période en est de 12 heures 25 minutes et l'amplitude de la marée atteint 18,5 pieds dans le bassin de Minas au fond de la baie. Les deux autres composantes sont les marées solaires semi-diurnes donnant une marée de 2,7 pieds de hauteur et la marée lunaire, dite elliptique, c'est-à-dire celle qui est causée par l'approche et l'éloignement de la lune sur son orbite elliptique et qui atteint 3,5 pieds. Il existe aussi plusieurs composantes mineures données par le caractère cyclique des orbites du soleil et de la lune. Les plus hautes marées sont données par ces différentes forces cycliques lorsqu'elles sont en phase, c'est-à-dire qu'elles se trouvent à agir toutes dans le même sens au même moment. Naturellement, les hauteurs que nous venons de donner se rapportent à la hauteur des vagues au-dessus du niveau non perturbé de l'océan et non pas à la différence d'"altitude" entre la marée haute et la marée basse.

Le Dr Duff nous a dit: "Ce sont ces forces qui sont à l'origine de toutes les marées mais les marées extrêmement élevées de la baie de Fundy sont dues aux caractéristiques physiques de la baie elle-même. Comme la profondeur du fond de la baie



A view of the specially-developed turbines installed at the La Rance tidal power plant. The tidal flow causes the blades of the turbine to rotate with the resultant generation of electric power. • Vue frontale de l'un des "groupes bulbes" spécialement mis au point pour l'usine marémotrice de la Rance. L'eau, en s'engouffrant dans le sas, fait tourner cette turbine qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité.

come into the same phase, or act in concert. (These figures refer to the wave height above the undisturbed ocean level and not the tidal range, the difference between the high and low tides).

"The interplay of these forces is responsible for the tides throughout the world," says Dr. Duff, "but the reasons for the extremely high tides in Fundy are to be found in the physical characteristics of the Bay itself. It shallows in a gradual manner, and converges progressively to its headwaters, both factors tending to convert a long wave into a steeper and shorter crest of greater height. Because Fundy is fairly steep-sided with a flat bottom, very little energy is lost on the sides of the Bay. In sum, the shape of the Bay has the effect of focusing the energy of the incoming wave. Another energy conserving factor is in the favorable bottom topography of the Gulf of Maine. On its arrival from the deep Atlantic, the wave must make a right-hand turn in the Gulf to enter Fundy, and it so happens that the shape of the bottom is favorable to this process. The wave is able to march or refract around the turn with a minimum loss of energy. Also, the wave may be said to "take to" the right-hand turn because of the so-called Coriolis force resulting from the Earth's rotation. If the map were reversed and the wave had to make a left hand turn it would be quite a different situation."

Dr. Duff took all the information available on the area between the continental shelf and the headwaters of the Bay of Fundy, the geographic and oceanographic dimensions, and embodied them in a mathematical model that described the surface wave characteristics of the waters. The results showed that a factor that was unusually strong in the system was resonance, a concept best understood by considering the example of a child on a swing. If an adult pushes the child at the top of each swing, the amplitude or height of the swing increases. The push has a period or interval very close to that of the swing, and the two are said to be in resonance.

"Like the swing, each body of water has its own natural period of oscillation," says Dr. Duff, "and the mathematical model demonstrated that the waters in the Fundy system out to the continental shelf have a natural period very close to that of the lunar tides. In other words the lunar "push" on the oscillating aquatic system occurs at precisely the right time or in just the proper phase to result in a resonating system. Resonance therefore makes a significant contribution to the high tidal wave that characterizes the system."

Dr. Duff explains that detailed numerical calculations were also done on the effects of erecting tidal barriers at sites that were considered in the ATPPB feasibility study. It appears that the barrier proposed for Economy Point will not make much difference to the tidal regime, but he feels that more definitive results require a much larger model, of the sort that he is presently devising. There has been some suggestion that the regime, or amplitude of the tide, would actually be increased by a barrier at Economy Point, but Dr. Duff feels that no one model can yet be said to accurately reflect the real system and as such it is still too early to make a conclusive statement.

"The tantalizing part of this whole problem is the question of what is the correct region to consider," he says. "If the body of water chosen is too small, say just Fundy itself, then the scope is not sufficient and it doesn't tell you very much. It may be just as difficult if it is too large, since you cannot calculate as accurately for a very large body of water."

"The place where the energy enters the ocean is largely the

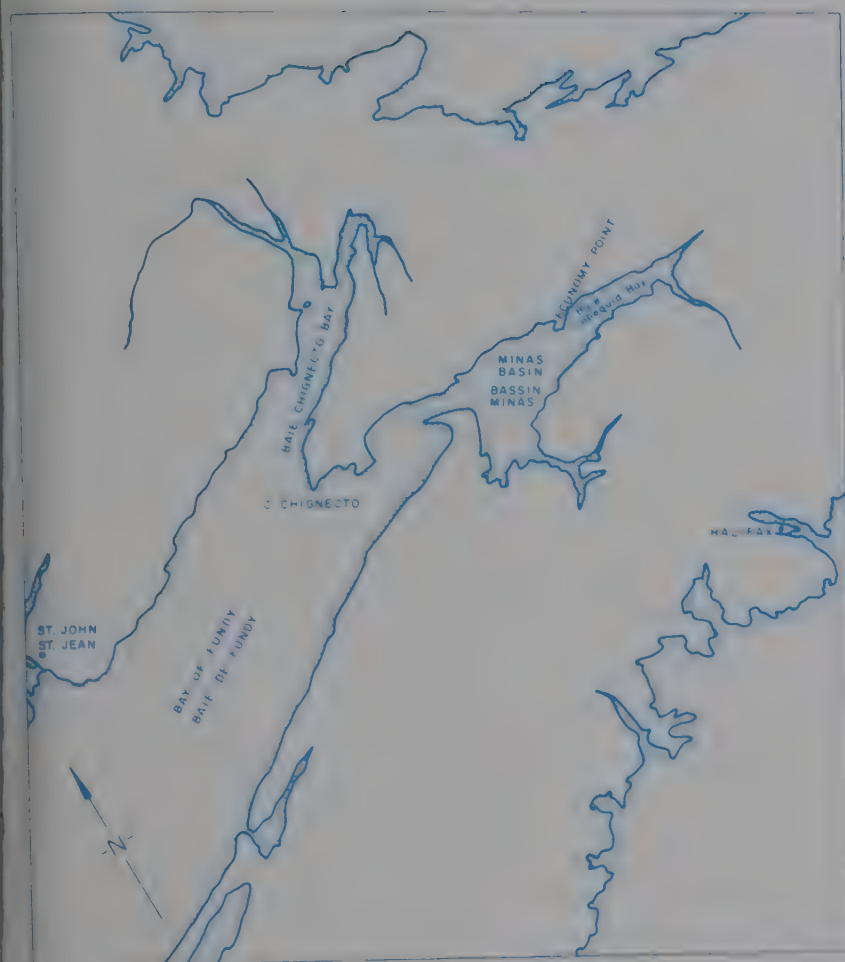


Map of the Atlantic coast showing the Bay of Fundy and its two main headwaters, Chignecto Bay and the Minas Basin, separated by Cape Chignecto. Economy Point, shown on the western side of the Minas Basin, is considered one of the best sites for construction of a tidal power plant. • La baie de Fundy se prolongeant, à l'intérieur des terres, par la baie de Chignecto et le bassin Minas séparés l'un de l'autre par le cap Chignecto. L'un des meilleurs sites pour une usine marémotrice semble être à Economy Point sur la côte ouest du bassin Minas.

North Atlantic itself, and I've come to the opinion that you have to include a great part of the ocean in any realistic model. The question of how high the tides are is determined by a process of adjustment between how much energy enters the system, and how much goes out. It's a kind of contest between the "linear" motion imparted to the oceans by the moon's gravitational field, and the "non-linear" dissipative frictional forces of the tides against the coasts. How these balance or adjust themselves determines the amplitude of the tidal regime, and the adjustment process occurs in the oceanic as well as the coastal waters. The behavior of the waters in the deep ocean is therefore important and has been more adequately portrayed in the latest mathematical model."

As to the extensive studies that have been done on the tidal power plants in the Bay of Fundy, Dr. Duff does not think they have been a waste of time. The ATPPB concluded that the project was not economical but that was before the steep rises in the cost of energy and the discovery that the power output from the plants may in fact be larger than that calculated in the report. Whether or not they will ever be built depends upon the availability of other forms of energy. Breakthroughs in the technology of nuclear fusion or solar energy with their promise of unlimited amounts of energy would very likely relegate tidal power to the drawing board indefinitely. For the present, it represents a good contingency plan, a ready-made, evaluated scheme waiting in the wings should technological advance not live up to expectations. □

Wayne Campbell



diminue graduellement et que la forme en plan est telle que l'évolution des formes est progressive, les grandes ondes que sont les marées ont tendance, au fur et à mesure qu'elles avancent dans la baie, à augmenter de pente, à diminuer de longueur et, de ce fait, à augmenter de hauteur. Comme les bords de la baie sont assez raides et que le fond est presque plat, très peu d'énergie est dissipée le long des parois. En somme, la forme de la baie a pour effet de focaliser l'énergie des ondes y pénétrant. Un autre facteur de conservation de l'énergie se trouve dans la topographie favorable du fond du golfe du Maine. Les ondes venant de l'Atlantique doivent tourner à droite dans le golfe pour entrer dans la baie de Fundy et il se trouve que la forme du fond est favorable à ce mouvement. L'onde peut donc avancer, ou se réfracter, en tournant avec une perte d'énergie minimum. On peut également dire que l'onde se met à tourner à droite en raison d'une force résultant de la rotation de la terre et appelée force de Coriolis. Si la baie se trouvait dans l'hémisphère sud l'onde serait portée à tourner à gauche et la situation pourrait être toute différente".

Le Dr Duff s'est procuré tous les renseignements disponibles sur la région située entre le plateau continental et le fond de la baie de Fundy, sur les dimensions géographiques et océanographiques et il s'en est servi pour établir son modèle mathématique décrivant les caractéristiques des ondes de surface. Les résultats ont mis en relief l'importance inhabituelle de la résonance, phénomène que l'on comprend le mieux lorsque l'on pense à un enfant sur une balançoire. En effet, si l'on pousse fortement l'enfant vers le bas à chaque fois qu'il revient et au même moment qu'il atteint la plus grande

hauteur, cette hauteur augmente à chaque oscillation ou balancement.

Le Dr Duff a ajouté: "Les eaux ont leur période propre d'oscillation comme la balançoire et le modèle mathématique montre que les eaux de la baie de Fundy, jusqu'au plateau continental, ont une fréquence propre très proche de celle des marées lunaires. Autrement dit, la lune "pousse" le système aquatique oscillant juste au bon moment, c'est-à-dire en phase, pour qu'il y ait résonance. En conséquence, la résonance contribue grandement à produire ces fortes marées qui caractérisent le système".

Le Dr Duff nous a expliqué que des calculs numériques détaillés ont également été effectués au sujet de l'influence de barrières de marées sur les sites considérés pour les usines marémotrices. Il semble que la barrière proposée pour Economy Point ne fera pas grande différence mais le Dr Duff pense que pour avoir des résultats plus sûrs il faut disposer d'un modèle plus grand et c'est la raison pour laquelle il en étudie un nouveau. On a proposé de construire une barrière à Economy Point pour augmenter l'amplitude de la marée.

Il a ajouté: "Ce qui est vraiment le plus difficile dans tout ce problème est de savoir quelle est la meilleure région pour les aménagements. Si les eaux choisies couvrent une trop faible étendue et un trop faible volume comme, par exemple, la baie de Fundy elle-même, on trouve que le modèle n'est pas suffisant et que l'on n'en tire pas grand-chose. Il se peut qu'on obtienne le même résultat si le modèle est trop grand puisque les calculs ne peuvent pas être aussi précis si la masse d'eau étudiée est trop grande."

"Comme c'est surtout dans l'Atlantique Nord qu'il y a apport d'énergie, je pense maintenant qu'il est nécessaire d'inclure une grande partie de l'océan dans le modèle si l'on veut avoir quelque chose de réaliste. Pour savoir jusqu'à quelle hauteur les marées peuvent s'élever, il faut recourir à la méthode des approximations successives basées sur l'apport d'énergie et sur les pertes car il y a, somme toute, lutte entre le "mouvement linéaire" des océans sous l'action de l'attraction lunaire et les forces de frottement dissipatives "non-linéaires" des marées le long des côtes. La manière dont ces forces s'équilibrent détermine l'amplitude des marées et cette manière dépend de ce qui se passe dans les eaux de l'océan tout aussi bien que dans les eaux cotières. Le comportement des eaux lointaines de l'océan est donc important et nous avons pu le décrire d'une manière plus appropriée dans le dernier modèle mathématique".

Quant aux études étendues qui ont été faites sur les usines marémotrices de la baie de Fundy, le Dr Duff ne pense pas que le temps ait été perdu. Le ATPPB, dont nous avons parlé, a tiré la conclusion que cette construction n'était pas rentable à l'époque où le coût de l'énergie n'avait pas augmenté brutalement. Toutefois, depuis cette époque, on a aussi découvert que la quantité d'énergie donnée par ce type d'usine pourrait être plus élevée que celle qui avait été prévue. Il apparaît donc que des usines marémotrices seront construites si l'on ne dispose pas d'autres formes d'énergie à meilleur marché. Dans le cas d'une percée technologique dans le domaine de la fusion nucléaire ou de l'énergie solaire, on aurait accès, en principe, à des quantités illimitées d'énergie, ce qui conduirait probablement à la condamnation des usines marémotrices. Mais, dans le cas contraire, ces usines représentent un moyen, déjà étudié, de tirer de l'énergie d'un phénomène que l'on sera très heureux d'exploiter. □

In search of an elusive key - Unlocking the secrets of gonorrhea

Until recently, the condition was referred to as a "social disease", a euphemism that cushioned the sensitivities against the reality of the infection's origin. Gonorrhea, a sexually communicated disease, is caused by a delicate, kidney-shaped bacteria, *Neisseria gonorrhoeae*, more commonly known as the gonococcus. It is a surface invader in its primary stages, infecting the mucous membranes of the urethra in men and the vagina and cervix in women. From these initial sites it spreads into other organs of the body.

The disease has now reached epidemic proportions in spite of the effectiveness of such antibiotics as penicillin and the problem appears to be growing worse every year. In Canada, as in many other countries, it has exceeded the high levels of the war years of the 1940's and now ranks as one of the most common communicable diseases in the world. During 1973, the reported number of cases in Canada totalled 45,266, up from 41,467 cases in 1972, and a median value of 31,552 cases over the years 1968-1972. These figures can be compared with a total of 823,380 cases reported in the United States in 1973 alone.

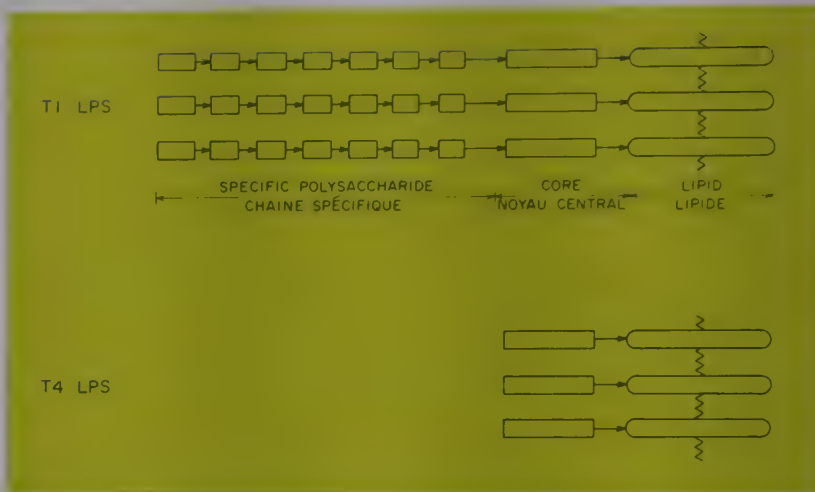
What is peculiar about gonorrhea is that it should be totally eradicable, at least theoretically. Only humans can carry the disease, there being no intermediary vector, such as the mosquito in malaria, and it can be quite effectively cured by treatment with various antibiotics. The persistence of gonorrhea would appear to be more of a social problem then, but certain advances in medical science could be of great assistance in the battle against the disease.

One problem involved in the control of the disease is the lack of a reliable diagnostic procedure. The presence of gonorrhea is usually determined by examining, under the microscope, smears taken from patients, or by culturing the bacteria for further examination and identification. These methods not only give false positives at times but often fail to detect the disease when it is present. In so-called "asymptomatic" people, recognizable symptoms of the disease fail to appear, and anywhere from 20 to 30 percent of the infected population may fall into this category. Because these diagnostic techniques usually involve a waiting period of two or three days, many patients do not reappear at the clinic, either through embarrassment or a mistaken idea that the disease, which can cause sterility, is no more serious than the common cold.

Another problem lies in the inability of the body's natural defences to cope with the gonococcus. The human immune system responds rather poorly to challenge by the organism, and treatment with antibiotics is normally a necessity. Very few people establish a long-term immunological resistance to the disease.

Some fifty years ago it was recognized that freshly isolated gonococcus grow in healthy or "typical" colonies at first, with the bug retaining its infectivity and virulence for humans. But as time elapsed the appearance of the colonies changed with a concomitant loss of infective power. In 1964, Douglas Kellogg of the Centre for Disease Control in Atlanta, Georgia, showed that four types of gonococcus colonies could be defined morphologically, type 1 (T1), or healthy bugs, and moving in a direction of increasing degeneration through types 2, 3 and 4 (T2, T3, T4). Only cells in the T1 and T2 condition were virulent, while T3 and T4 cells had lost their virulence.

As a subject of basic research, *N. gonorrhoeae* has not received much attention in the past, with only two or three laboratories in Canada concerned with fundamental investiga-



An illustration of the molecular structures of the T1 and T4 lipopolysaccharides. The polysaccharide portion, an important antigenic determinant, is missing entirely in the T4 molecule. As healthy laboratory cultures of gonococcus degenerate with time, the T1 molecule found on the organism's outer membrane loses its polysaccharide moiety, resulting in the T4 or incomplete form. • Illustration des structures moléculaires des lipopolysaccharides T1 et T4. La molécule T4 est totalement dépourvue de l'important facteur antigénique qu'est le lipopolysaccharide. Étant donné qu'il y a dégénération dans le temps des cultures saines de gonocoques obtenues en laboratoire, la molécule T1 se trouvant sur la paroi extérieure de la membrane du micro-organisme perd sa partie constituée de polysaccharide ce qui aboutit au type T4, c'est-à-dire à la forme incomplète.

tions of the disease (the outlay of money and facilities has been much greater in the United States).

One of the main obstacles to gonorrhea research has been the difficulty in culturing the organism outside the human body while maintaining full potency and virulence. The gonococcus appears to be a somewhat fastidious bug, with fairly stringent growth requirements. Another problem has been the lack of a suitable animal model, or host, that is infected by the disease organism in a manner that simulates human infection. These models are vital from the experimental point of view in disease research, and to date researchers have had to rely on human volunteers. There remains, however, a pressing need for a rapid, reliable diagnostic method and an effective vaccine to check the disease at the challenge stage. Recent research in the Division of Biological Sciences of the National Research Council of Canada aims at providing the background chemistry to meet both of these requirements.

Dr. Malcolm Perry, of the Division's Immunochemistry Section, has been investigating the substances that make up the outer surface of the gonococcal cell wall and has discovered an important difference between the virulent and the non-virulent or inactive forms of the organisms. Working in collaboration with Drs. B.B. Diena and Fraser Ashton of Health and Welfare Canada's Laboratory Centre for Disease Control, Dr. Perry is exploiting this knowledge in the development of specific diagnostic methods and the possible production of an effective vaccine against the disease.

"We decided on the following approach to the problem," says Dr. Perry. "We would take the infective form of gonococcus (T1) and the non-infective form (T4) and examine them with a view to determining their differences. If these differences

A la recherche de l'arme absolue Contre la blennorragie

Ce n'est que tout récemment que l'on ne qualifie plus la blennorragie de "maladie sociale", euphémisme jusqu'alors employé pour ménager les susceptibilités que n'aurait pas manqué de susciter chez certains la simple mention de l'origine de l'infection en question. La blennorragie, maladie contractée par contacts sexuels, est due au *Neisseria gonorrhoeae*, bactérie fragile affectant la forme d'un haricot et plus généralement connue sous le nom de gonocoque. A ses premiers stades, l'infection n'atteint que les parties ayant été directement exposées: la muqueuse urétrale, chez l'homme, celle du vagin et du cervix, chez la femme. Elle se propage ensuite à d'autres parties de l'organisme.

La maladie a atteint des proportions épidémiques en dépit de l'efficacité d'antibiotiques comme la pénicilline et le problème s'aggrave d'année en année. Au Canada, comme dans de nombreux autres pays, les chiffres enregistrés au cours de la Deuxième Guerre mondiale sont maintenant dépassés et la blennorragie est actuellement considérée, à l'échelle mondiale, comme l'une des maladies contagieuses les plus courantes. Le nombre de cas signalés passait de 41 467, en 1972, à 45 266, en 1973, et l'on enregistrerait une moyenne de 31 552 cas pour la période 1968-72. A titre de comparaison, on a enregistré aux Etats-Unis 823 380 cas pour la seule année 1973.

Il semble pourtant que, théoriquement, l'éradication totale de cette maladie soit possible. L'être humain en est l'unique vecteur puisqu'aucun autre intermédiaire n'intervient comme, par exemple, le moustique dans le cas du paludisme et il est possible d'obtenir une guérison absolue avec divers antibiotiques. C'est la raison pour laquelle sa persistance semblerait indiquer qu'il s'agit d'un problème relevant du domaine social mais certains progrès en médecine, notamment la mise au point d'une méthode de diagnostic fiable, pourraient apporter une aide précieuse dans la lutte contre la maladie.

L'infection est généralement mise en évidence par l'examen microscopique de frottis prélevés sur les malades ou par la culture des bactéries qui en permet l'étude plus détaillée et l'identification. Ces méthodes conduisent parfois non seulement à des diagnostics positifs faux mais il arrive aussi fréquemment qu'elles ne permettent pas de déceler la maladie comme dans les cas de gonococcies asymptomatiques où les symptômes cliniques habituels n'apparaissent pas. On estime que 20 à 30% des personnes infectées entrent dans cette catégorie. Ces méthodes de diagnostic exigeant habituellement deux à trois jours d'attente, beaucoup de malades ne reviennent pas à la clinique, soit par gêne, soit qu'ils s'imaginent que la maladie n'est pas plus grave qu'un mauvais rhume alors, qu'au contraire, elle peut rendre stérile.

Une des autres difficultés à vaincre est l'incapacité des défenses naturelles de l'organisme à lutter contre le gonocoque. Le système immunologique ne réagit que faiblement à l'attaque bactérienne et il est généralement nécessaire d'avoir recours aux antibiotiques. Sauf rares exceptions, personne ne bénéficie d'une immunité prolongée.

Il y a environ cinquante ans, on a découvert que les gonocoques que l'on venait d'isoler se développaient d'abord sous forme de colonies saines ou "types", la bactérie conservant sa contagiosité et sa virulence. Mais, après un certain temps, on constatait que l'aspect des colonies avait changé et que la virulence des bactéries avait diminué. En 1964, Douglas Kellogg, du "Centre for Disease Control", d'Atlanta, en Géorgie, a montré que quatre types de colonies de gonocoques pouvaient être différenciés morphologiquement:

le type I (T1), ou micro-organisme sain qui évolue vers une dégénération croissante en passant par les types 2, 3 et 4 (T2, T3, T4). Seules les cellules appartenant à la catégorie T1 et T2 étaient virulentes alors que les cellules des types T3 et T4 ne l'étaient plus.

Sur le plan de la recherche fondamentale, *N. gonorrhoeae* n'a pas fait l'objet d'une grande attention dans le passé si l'on sait que seulement deux ou trois laboratoires canadiens se sont livrés à quelques recherches fondamentales alors que les Etats-Unis ont consacré de bien plus grands moyens, tant sur les plans financiers que matériels.

Un des principaux obstacles auxquels on s'est heurté est la difficulté de cultiver le micro-organisme en dehors du corps humain tout en lui conservant la totalité de sa virulence. Le gonocoque est, semble-t-il, un microbe quelque peu exigeant ne se développant que si un ensemble de conditions assez sévères sont réunies. Un des autres problèmes rencontrés se trouve dans le fait que l'on ne peut pas étudier la maladie sur des animaux, ce qui gêne considérablement la recherche fondamentale puisque, jusqu'à maintenant, les chercheurs ont dû faire appel à des volontaires. Il est toutefois urgent de disposer d'une méthode de diagnostic à la fois rapide et fiable et d'un vaccin efficace pour contrôler la maladie à ses premiers stades. Les recherches récemment entreprises à la Division des sciences biologiques du Conseil national de recherches visent précisément à réunir les données chimiques permettant de satisfaire à ces conditions.

Le Dr Malcolm Perry, de la section d'immunochimie de la division, a étudié les substances constituant la surface extérieure de la paroi cellulaire du gonocoque et il a découvert une importante différence entre les formes virulentes et non virulentes, ou "inactives", de ce micro-organisme. Travaillant en collaboration avec les docteurs B.B. Diena et Fraser Ashton, du Laboratoire de lutte contre la maladie, au Ministère de la santé et du bien-être social, le Dr Perry exploite cette découverte pour mettre au point des méthodes de diagnostic spécifiques et un vaccin efficace. Le Dr Perry nous a dit: "Nous avons décidé d'attaquer le problème en étudiant la forme infectieuse (T1) du gonocoque et la forme non infectieuse (T4) pour déterminer ce qui les différencie et, peut-être, si l'on y parvient découvrir ainsi la cause de leur virulence. Nous avons l'intention de tirer avantage de cette transformation gonococcique (T1 à T4), processus qui n'avait été considéré jusqu'alors que comme un obstacle au progrès, et de nous en servir pour trouver les réponses aux problèmes posés par la blennorragie".

C'est aux Américains J. Swanson et E. Gotschlich, de l'Université Rockefeller, à New York, que l'on doit la découverte de la première différence importante entre les formes virulentes et non virulentes. A l'aide d'un microscope électronique, ils ont remarqué que les gonocoques de types T1 avaient des structures filiformes appelées "pili" se développant sur la surface cellulaire, caractéristique absente chez les cellules non virulentes de type T4. On a immédiatement essayé d'expliquer la cause de la virulence en supposant, par exemple, que sans le "pili" les micro-organismes ne pouvaient pas s'accrocher aux cellules de la paroi de la muqueuse. S'il était possible de neutraliser ces "cils", au moyen d'anticorps, la progression de la maladie serait arrêtée.

Les chercheurs américains ont donc entrepris d'isoler la substance constituant le pili, tâche difficile puisqu'elle ne constitue qu'une faible partie de la cellule gonococcique, et ils l'ont utilisée sur des lapins pour fabriquer des sérums antipiliques. On a constaté que l'antisérum du lapin ne réagissait

could be discovered, then one might possibly have a clue as to what causes virulence in gonococci. It was our intent to take advantage of this gonococcal transformation (T1 through to T4), a process that had been seen previously only as an obstacle to progress, and use it to provide answers to the gonorrhea problem."

It was the Americans J. Swanson and E. Gotschlich at the Rockefeller University of New York who discovered the first significant difference between the virulent and non-virulent forms, explains Dr. Perry. Using an electron microscope they observed that T1 gonococci have thread-like structures called pili growing from the cell surface, a feature that is missing in the non-virulent T4 cells. An explanation of virulence was immediately suggested. Perhaps the pili are needed to enable the organism to attach itself to the cells of the mucous lining. If it were possible to inactivate these "tendrils" through the use of antibodies, the disease could be stopped in its tracks.

The American team proceeded to isolate the pili material (a very difficult task since it makes up only a small part of the gonococcal cell) and used it to make anti-pili antisera in rabbits. The rabbit antiserum was found to react only with gonococcal pili and not with the pili of other bacteria, a fact that suggested a means of detecting the presence of the disease. Patients with gonococcal infection will normally have anti-pili antibody circulating in their blood, and since the antigenicity of the pili is specific to gonorrhea, this material can be used to diagnose the presence of the disease. However, the problem of collecting sufficient material remains and there are practical difficulties to overcome in the administration of the test and the interpretation of the results.

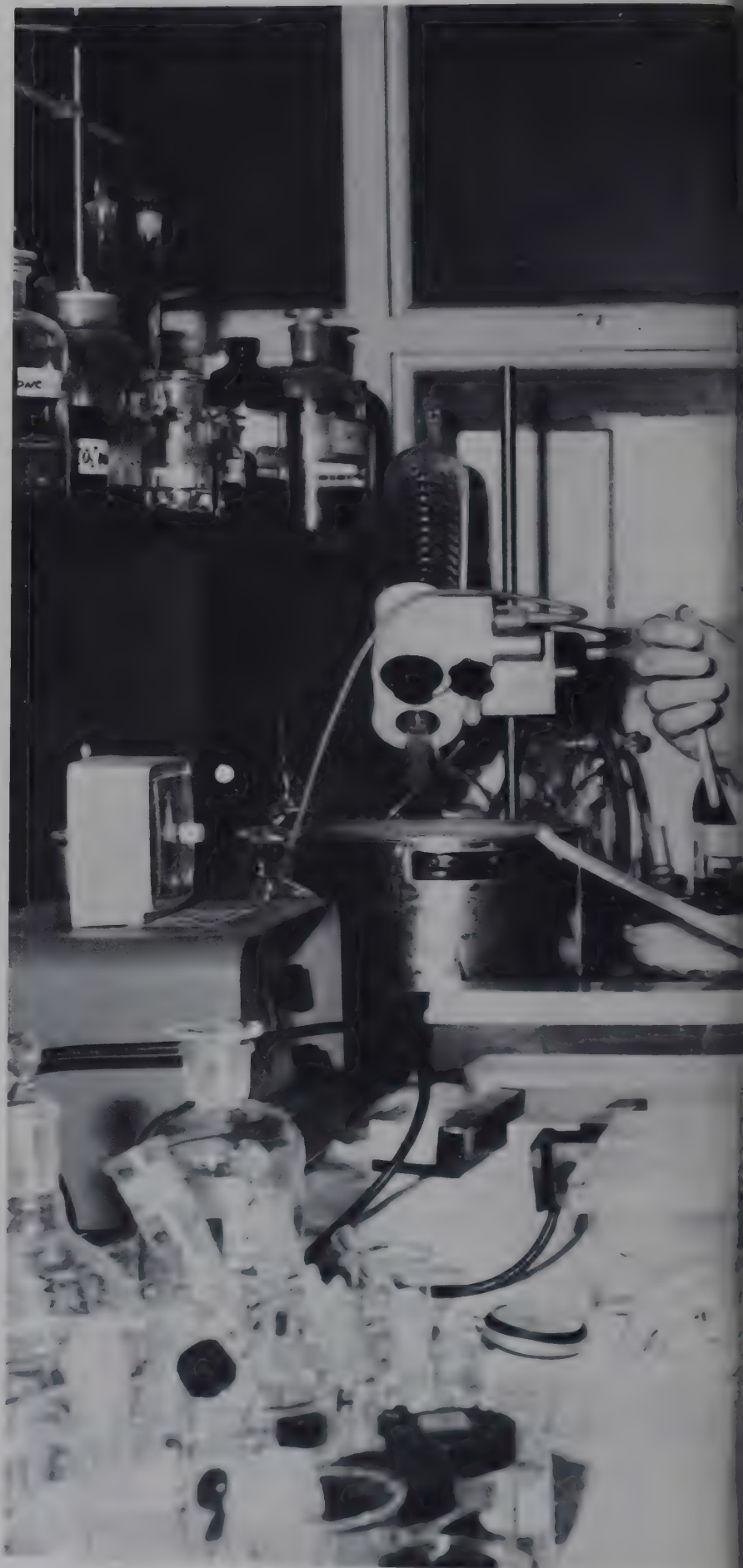
"Our approach to the problem was primarily at the chemical level," says Dr. Perry. "Beginning with colonies of T1 and T4, the virulent and non-virulent forms respectively, we stripped the organism down and examined everything that came off for differences between the two types.

"As it turned out, differences were found in a cell wall component called the lipopolysaccharide, or LPS. These molecules are common to all Gram negative bacteria and are highly toxic, causing inflammations and fever even in very minute doses. The bacteria responsible for food poisoning for example, called *Salmonella*, are separated into different serotypes on the basis of certain structural and compositional differences residing in a part of this LPS molecule."

Dr. Perry explains that an LPS is, essentially, a molecule with a glob of lipid (fat) on one end and a long carbohydrate (polysaccharide) chain on the other. The two are connected via a small sugar complex known as the core region. All the immunological properties of the substances, the antigenic sites against which antibodies are directed, reside in the long chain polysaccharide portion. The toxic properties, on the other hand, arise from the lipid part, which consists of long chain fatty acids linked to a few glucosamine residues.

"Comparison of the T1 and T4 lipopolysaccharides led to the discovery that the latter molecule was incomplete," continues Dr. Perry. "Where the T1 form had a normal lipid, core and polysaccharide, the T4 had only the lipid and core — the entire polysaccharide was missing. This was exciting because we knew from work with other bacteria that the polysaccharide was antigenic, stimulating antibody production in the course of infections.

"Based on the analysis of these polysaccharide chains from different gonorrhea patients, our results indicate that there are differences within the gonococci species in structure





qu'avec le pili gonococcique et aucunement avec le pili produit par les autres bactéries, constatation qui a permis de penser qu'on disposait peut-être là d'un moyen de détection de la maladie. Généralement, le sang des malades infectés par le gonocoque contient des anticorps antipiliques et, puisque le pili n'est un antigène que pour la blennorragie, il peut être utilisé pour diagnostiquer l'infection; mais le problème est qu'il en faut une quantité suffisante et qu'il reste aussi à surmonter certaines difficultés dans l'exécution du test et l'interprétation des résultats. Écoutons le Dr. Perry:

"Nous avons surtout attaqué le problème sous l'angle chimique. Commenant avec des colonies de T1 et de T4, c'est-à-dire avec les formes bactériennes virulentes et non virulentes, nous avons disséqué le micro-organisme et examiné en détail ses éléments constitutifs pour déterminer ce qui les différencie. Nous avons trouvé des différences dans le lipopolysaccharide, ou LPS, c'est-à-dire dans l'un des éléments constituant la paroi cellulaire. Ces molécules sont communes à toutes les bactéries Gram négatives et sont extrêmement toxiques car elles provoquent des inflammations et de la fièvre même à très faible dose. Pour citer un exemple, la bactérie responsable de l'empoisonnement alimentaire, la *Salmonella*, est classée en différents sérotypes en fonction de certaines différences structurales ou de composition se trouvant en partie dans cette molécule de LPS."

Le Dr Perry nous explique que cette molécule est essentiellement constituée d'une gouttelette de lipide (graisse) à une extrémité et d'une longue chaîne d'hydrate de carbone (polysaccharide) à l'autre. Les deux sont reliées par un petit complexe de sucres appelé noyau central. Toutes les propriétés immunologiques des substances, c'est-à-dire des sites antigéniques auxquels s'attaquent les anticorps, résident dans la partie faite d'un polysaccharide à longue chaîne. Les propriétés toxiques, par ailleurs, sont contenues dans la partie lipidique qui est constituée d'acides gras à longue chaîne reliés à quelques résidus de glucosamine. Le Dr Perry continue:

"En comparant les lipopolysaccharides T1 et T4, nous avons été amenés à découvrir que la molécule appartenant au dernier type était incomplète. Alors que la forme T1 présentait un lipide, un noyau central et un polysaccharide normaux, la T4 ne contenait qu'un lipide et un noyau central. Cette constatation nous a enthousiasmés parce que nous savions, grâce aux travaux auxquels nous nous étions livrés sur d'autres bactéries, que le polysaccharide était antigénique, stimulant la fabrication d'anticorps au cours des infections.

Nous basant sur des analyses des chaînes du polysaccharide provenant des différents malades, nous pouvons dire que nos résultats indiquent qu'il existe des différences entre les diverses souches gonococciques du point de vue de la structure et de la composition des sucres et nous commençons à croire qu'il puisse exister de nombreux groupes sérologiques de *N. gonorrhoeae*. Si c'est le cas, cela expliquerait pourquoi la guérison d'une infection gonococcique ne confère pas une protection immunologique contre une réinfection. Les anticorps fabriqués par l'organisme pour lutter contre un sérotype donné peuvent être inefficaces contre tous les autres. Par conséquent, un vaccin préparé à partir d'un seul sérotype gonococcique ne serait pas universel."

Dr. M.B. Perry and Mrs. Virginia Daoust examine the results of an electrophoresis experiment. • Le Dr M.B. Perry et Mme Virginia Daoust examinent les résultats d'une expérience d'électrophorèse.

and sugar composition, and we are beginning to believe that many serological groups of *N. gonorrhoeae* may exist. If this is true, it might explain why recovery from a gonococcal infection does not confer immunological protection against reinfection. Antibodies produced by the human body to one serotype may be ineffective against all others. A vaccine made from a single gonococcal serotype would not therefore be universally effective."

At first glance, it may appear that the LPS discovery is an alternative explanation to the pili story for virulence in gonococci; that is, without the complete LPS molecule, the ability of the organism to infect is lost. However, a choice of hypotheses is not necessary here since both in fact may be true. Infectivity may depend upon some synergistic or cooperative effect between the two substances; for instance, the pili may be needed for the initial adhesion, whereupon the complete LPS molecule is necessary to the continuation of the infective process.

At present, Dr. Perry is collecting LPS's from different gonococci grown in both their T1 and T4 forms and is determining their structures. The results to date indicate that all the LPS's from the various sources have essentially the same core-lipid structure, whether derived from T1 or T4 cells. If, as the preliminary results suggest, the core-sugar complex is immunologically common among all gonococci and differs from other *Neisseria* species, then it will represent a promising material for use as a vaccine and as a specific diagnostic agent.

Drs. Diena and Ashton have been investigating the various LPS's and purified polysaccharide portions (the LPS without the lipid and core) for use as diagnostic reagents and vaccines. Mice immunized with LPS from a particular gonococcal sample (or isolate) have been shown to develop a strong resistance to infection by this same gonococcus isolate, and there are indications that this protection extends to some degree towards gonococci from other sources as well. This is a promising result.

Since the core region of all the gonococcal LPS's appears to have the same structure, artificial immunizing agents made in the laboratory by joining the core molecule to various large-size protein carriers are now being tested as vaccines. Anti-core antibodies produced by these agents should be effective against the whole range of gonococci.

As well, the gonococcus LPS and polysaccharide portions could conceivably be used as a rapid skin test for the disease. As in the pili case, the test depends upon the fact that infected people usually have antibodies to the various gonococcal antigenic sites. If the polysaccharide antigen is injected under the skin, an immunological response occurs and a red spot or inflammation appears in the area in a matter of hours. Tests with animals infected with gonococcus have in fact shown the possibility of a rapid diagnosis of gonorrhea based on this method. Another variation of the test is to coat an inert carrier such as Bentonite or alumina with the polysaccharide antigen and mix it with a sample of test blood; if the disease is present, clumping should occur due to antibody bridges being formed between the particles. Similarly, if the antigen is linked to red blood cells of sheep, infected serum should cause a clumping of the cells. Other methods involve tagging the antigen with a fluorescent dye or radioactive compound, particularly where very minute quantities of antibody are to be measured.

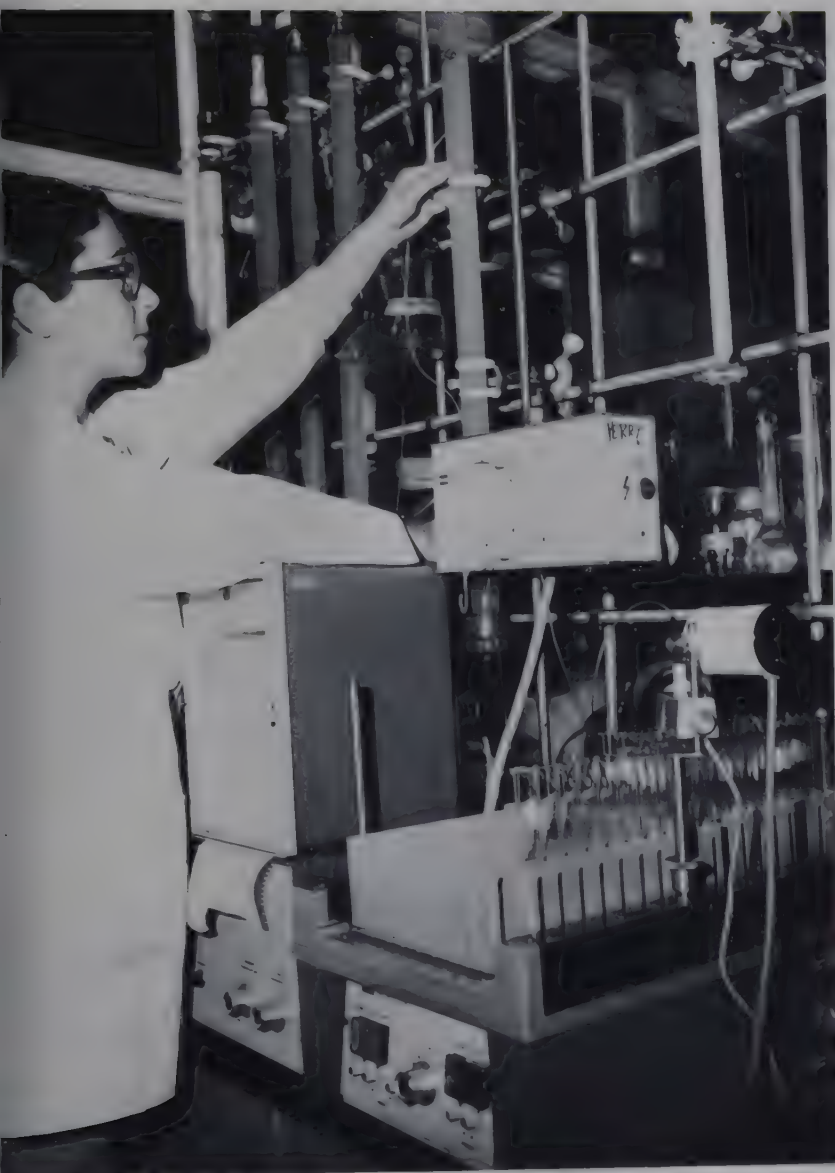
Dr. Perry anticipates that there may be a problem involved in setting up a vaccination program against gonorrhea, con-

sidering the social implications of the disease. But in certain areas of Canada and other parts of the world where the disease incidence is high, the immunoprophylactic approach would be very practical and perhaps the only way of halting the spread of the disease. However, a rapid and accurate diagnostic method would be unequivocally praised by everyone, particularly by physicians and other public health people on the front lines of defence against the disease. □

Wayne Campbell

Dr. B.B. Diena of Health and Welfare Canada's Laboratory Centre for Disease Control studies a sample of *N. gonorrhoeae* under a light microscope. • Le Dr B.B. Diena, du Laboratoire de lutte contre la maladie, du Ministère de la santé et du bien-être social, étudie un échantillon de *N. gonorrhoeae* au microscope.





Mrs. Virginia Daoust makes an adjustment to a Sephadex G-50 column, a molecular sieve technique used to isolate the gonococcal lipopolysaccharides. In the foreground, a recorder that monitors the ultraviolet absorption of the column effluent and an automated fraction collector. • Mme Virginia Daoust fait une mise au point sur la colonne de Sephadex G-50. Cette technique de tamisage moléculaire est utilisée pour isoler les lipopolysaccharides gonococciques. On aperçoit au premier plan un appareil qui enregistre l'absorption en ultraviolet de l'effluent de la colonne et un compteur automatique de gouttelettes.

Il pourrait sembler à première vue que la découverte relative au LPS puisse aussi expliquer la virulence des gonocoques qui ne serait alors pas due au pili et que, si la molécule de LPS est incomplète, le micro-organisme perd son pouvoir infectieux. Cependant, nous ne sommes pas encore tenus à un choix d'hypothèses puisque, en fait, les deux substances peuvent être en cause. La susceptibilité à l'infection peut dépendre de quelques effets synergétiques, ou coopératifs, entre les deux substances. Le pili pourrait, par exemple, être indispensable pour que l'adhérence initiale se produise après quoi la molécule de LPS complète serait nécessaire pour que l'infection progresse.

Le Dr Perry s'emploie actuellement à rassembler des LPS

provenant de différents gonocoques cultivés dans leurs formes T1 et T4 et à identifier leur structure. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant indiquent que l'ensemble des LPS provenant des diverses sources ont essentiellement la même structure noyau-lipide, qu'ils proviennent de cellules du type T1 ou du type T4. Si, comme semble le montrer les premiers résultats, le complexe noyau-sucres est immunologiquement commun à tous les gonocoques et diffère des autres espèces *Neisseria*, nous disposons alors d'un vaccin et d'un moyen de diagnostic spécifique.

Les docteurs Diena et Ashton ont étudié les divers lipopolysaccharides et les parties de polysaccharide purifiées (LPS sans lipide, ni noyau central) en vue de les utiliser comme réactif de diagnostic et comme vaccin. On a montré que des souris immunisées avec du LPS provenant d'un échantillon gonococcique (ou isolat) particulier acquièrent une forte résistance à l'infection par ce même isolat gonococcique et certaines indications donnent à penser que cette protection s'étend également, dans une certaine mesure, aux gonocoques issus d'autres sources. Il s'agit là d'un résultat très encourageant.

Puisque le noyau central de tous les LPS gonococciques semble avoir la même structure, des agents artificiels d'immunisation fabriqués en laboratoire par la fusion de la molécule du noyau central avec divers porteurs de protéines de grandes dimensions sont actuellement essayés comme vaccin. Les anticorps, utilisés contre le noyau central et fabriqués par ces agents devraient être efficaces contre l'ensemble des gonocoques.

De la même façon, le LPS du gonocoque et les parties du polysaccharide pourraient être éventuellement utilisés comme test cutané rapide pour déterminer s'il y a infection. Comme dans le cas du pili, le test est tributaire du fait que chez les personnes infectées on trouve habituellement des anticorps aux divers sites gonococciques antigéniques. Si le polysaccharide antigénique est injecté sous la peau, une réaction immunologique se produit et une rougeur, ou une inflammation, apparaît en quelques heures sur la région infectée. Des tests faits avec des animaux auxquels on a injecté le gonocoque ont, en fait, montré que le diagnostic rapide de la blennorragie était possible par cette méthode. Une autre variante consiste à revêtir un porteur inerte comme la bentonite, ou l'alumine, d'une couche de polysaccharide antigénique et de le mélanger avec un échantillon de sang témoin; si il y a infection, une agglutination résultant de la formation de ponts d'anticorps entre les particules doit se produire. De la même façon, si l'antigène est lié aux globules rouges du mouton, le sérum infecté devrait provoquer une agglutination des cellules. D'autres méthodes consistent à marquer l'antigène avec un colorant fluorescent, ou un composé radio-actif, notamment lorsque l'on veut mesurer des quantités infinitésimales d'anticorps.

Compte tenu des implications sociales de la maladie, le Dr Perry entrevoit des difficultés pour la mise sur pied d'un programme de vaccination antiblennorragique. Mais, dans certaines régions du Canada et dans d'autres parties du monde où la maladie est très répandue, l'approche immunoprophylactique est très intéressante et constituerait peut-être le seul moyen d'en arrêter la progression. Dans tous les cas, une méthode de diagnostic rapide et précise serait sans aucun doute bien accueillie par tous et plus particulièrement par les médecins et les responsables de la santé publique. □

Hydrogen, simplest of gases — New storage system

A small storage model devised by National Research Council of Canada scientists may clear the way for the future use of hydrogen as a source of heat and motive power. This simplest of gaseous elements has recently been gaining popularity as an alternate source of energy to the world's diminishing supplies of fossil fuels. The advantages of using hydrogen as a synthetic fuel are numerous: it is clean and causes no pollution; it has more than twice the heating value (heat units per pound) of gasoline or home-heating oil; indications are that it could be produced in plentiful supplies by the process of electrolysis, whereby oxygen and hydrogen are separated from water, by nuclear reactors, or directly from coal by heating.

The main problem associated with using hydrogen as a fuel, in addition to the economic considerations which have not yet been fully explored, is its storage. It is on this particular problem that scientists in the Fuels and Lubricants Laboratory at NRC's Division of Mechanical Engineering are working. Initial evidence is that the small model, which is still undergoing tests, may partially solve the storage problem.

Two ways in which hydrogen can be stored now exist. The usual method in Canada is to store and transport the extremely light gas in pressurized containers. This in itself poses problems. Expensive, heavy, and energy-consuming compressors must be employed to pressurize the gas to approximately 2,000 pounds per square inch in a steel cylinder, which itself must be strong, rugged and resistant to breakage and leakage.

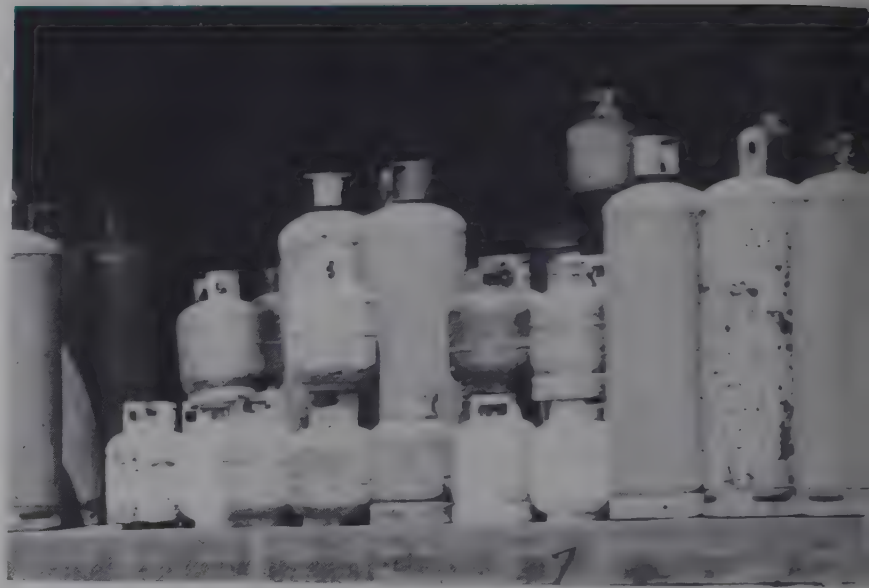
The quantity of hydrogen carried in such a cylinder is small compared to its total weight. For example, a cylinder containing one pound of hydrogen at 2,000 pounds per square inch pressure weighs approximately 200 pounds. Without pressurization, the gas is so light that one pound would occupy about 200 cubic feet; air is 15 times heavier than hydrogen.

Another mode of storage which has been devised but is not used extensively in Canada involves liquifying hydrogen and storing it in specially-designed containers. For this, the hydrogen must be cooled to -424 degrees Fahrenheit (20K), which is a costly and time-consuming process. In addition, containers of liquid hydrogen require special handling methods.

The NRC project, headed by Dr. Tom Ledwell, involves the use of metal powder as a "sponge" for the gas. A model of this process has been devised and has been functioning satisfactorily under test conditions. A number of different metal hydrides are being tested, each with different characteristics for storing and releasing the hydrogen. There is, however, a common denominator in the use of metal hydrides for hydrogen storage — the gas is given off at a steady and predictable rate.

The model consists of a container filled with powdered metal. Magnesium hydride has already been studied in the storage process and has yielded promising results. Heat is applied to the container and hydrogen is emitted from the metal in a steady flow. If the heat source is removed, hydrogen output ceases almost instantly. The departure of the hydrogen leaves pure metal, which must be recharged with hydrogen (to again create a metal hydride) by reintroducing the gas, under pressure, into the container. The metal is heated to slightly less than the temperature at which the gas is emitted so the absorption process can take place.

"It's rather like squeezing a sponge," says Dr. Ledwell. "Water is forced from it until it is dry. The dry sponge then can be immersed in water and will soak it up and retain it until the



Conventional hydrogen storage containers such as these may some day be replaced by less heavy storage vessels, using metal hydrides as a "sponge" for the gas. • Il se peut que ces lourds réservoirs soient un jour remplacés par d'autres plus légers et utilisant des hydrures métalliques.

sponge is again squeezed. Instead of the squeezing and releasing, the model for hydrogen storage uses heating and cooling."

Metal hydrides all have different temperatures at which the powdered metal surrenders the hydrogen. For example, magnesium hydride will release the gas when it is heated to approximately 650 degrees Fahrenheit. Ferrous (Iron) titanium hydride, however, will release hydrogen at 60 degrees Fahrenheit. Work is continuing to determine the temperature at which other metal hydrides, of which there are thousands, will surrender the hydrogen they have absorbed.

The advantages of using the hydride method over either the liquified or pressurized system are considered important by researchers who are attempting to produce an economically feasible process for hydrogen storage which will allow widespread use of the gas as a fuel. The amount of gas which can be stored in a container is increased considerably. For example, one pound of hydrogen can be stored in a container weighing about 50 pounds (including weight of the metal powder), instead of the 200 pounds total for a pressurized container. This means that, in fact, the gas can be stored at twice the density of liquid hydrogen.

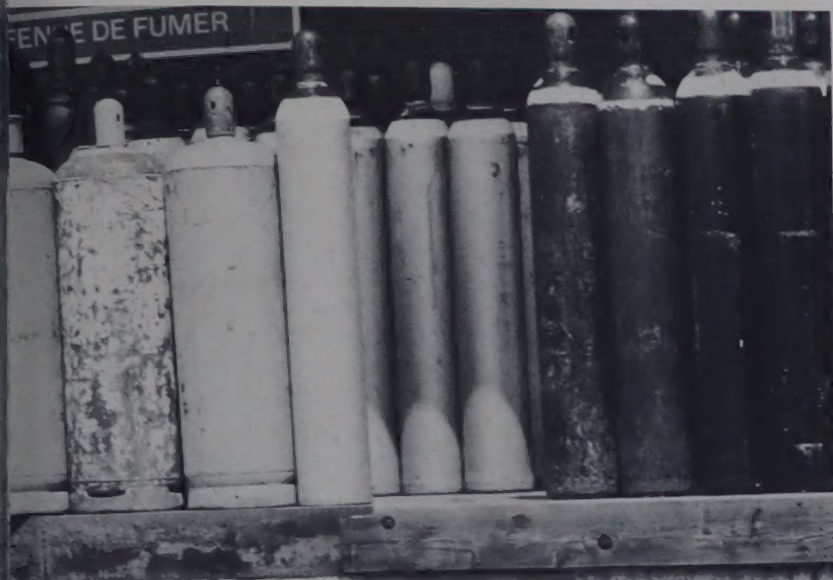
"The model has good volumetric efficiency," says Dr. Ledwell. "A hydride vessel which is accidentally broken will not deliver the gas unless there is an intimate heat supply. It is very safe because heat is required to vaporize the hydrogen so it can burn."

In this regard, Dr. Ledwell has reached the preliminary objective of devising a small, safe hydrogen container as an alternative to the conventional bottle system now employed in Canada. But there still remain areas to be explored and possibly corrected.

Impurities in the metal used as the base for the hydrides have been found to improve the metal-hydride ratio, but studies have demonstrated that the presence of oxygen tends to slow down the rate at which the hydrogen is absorbed by the



Mais comment stocker H_2 ?



Si la maquette d'un réservoir d'hydrogène étudiée au Conseil national de recherches du Canada donne satisfaction, il se pourrait qu'à l'avenir on se serve massivement de l'hydrogène comme source de chaleur d'où l'on tirerait aussi un travail utile. L'hydrogène, le plus simple des éléments gazeux, a récemment acquis une certaine popularité comme nouvelle source d'énergie juste au moment où les combustibles fossiles diminuent. Les avantages de l'hydrogène sur les combustibles synthétiques sont très nombreux: c'est un gaz "propre" qui ne donne aucune pollution; sa puissance calorifique, c'est-à-dire la quantité de chaleur donnée par livre est supérieure au double de celle de l'essence de nos automobiles ou de l'"huile" de chauffage; en outre, il semble que l'on pourrait produire l'hydrogène en grande quantité par électrolyse de l'eau en se servant de réacteurs nucléaires ou, directement, en distillant le charbon.

Le principal problème de l'utilisation de l'hydrogène comme combustible, considérations économiques exclues, est celui de son stockage. C'est sur ce problème que travaillent les chercheurs du laboratoire des combustibles et des lubrifiants de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada. Il semble que leur petite maquette d'un réservoir à hydrogène qui est toujours aux essais puisse partiellement résoudre ce problème.

Actuellement, on peut stocker l'hydrogène de deux manières. Au Canada, on transporte et on stocke habituellement l'hydrogène sous pression. Cette méthode a l'inconvénient d'imposer des compresseurs coûteux, lourds et consommant assez d'énergie car la pression doit atteindre 2 000 livres par pouce carré environ. En outre, le réservoir en acier doit être très solide pour résister à ces pressions et aux manutentions.

La quantité d'hydrogène contenue dans ces réservoirs cylindriques est comparativement petite quand on considère le poids. Ainsi, par exemple, un cylindre contenant une livre d'hydrogène sous une pression de 2 000 livres par pouce carré pèse environ 200 livres. Le gaz est si léger qu'une livre à la pression atmosphérique occuperait un volume d'environ 200 pieds cubes. Il est à noter que l'air est environ 15 fois plus lourd que l'hydrogène.

L'autre méthode de stockage de l'hydrogène, d'ailleurs peu utilisée au Canada, consiste à le liquéfier puis à le stocker dans des enceintes spéciales. Cette méthode exige de descendre

jusqu'à une température de -424°F (20°K) ce qui prend du temps et qui coûte cher. En outre, il est nécessaire de prendre des précautions spéciales pour la manutention.

Les études faites au CNRC sont dirigées par le Dr Tom Ledwell et sont caractérisées par l'utilisation d'une poudre métallique dans le réservoir, cette poudre jouant le rôle d'une "éponge" à l'intérieur du gaz. Une maquette a été construite et elle a donné satisfaction dans les conditions normales d'essais. La poudre est un métal qui se charge d'hydrogène en donnant un hydrure; cet hydrure peut ensuite libérer l'hydrogène. Les hydrures essayés ont un dénominateur commun: le gaz est libéré à une vitesse constante calculable.

La maquette du réservoir consiste en une enceinte remplie de poudre. L'hydrure de magnésium a déjà été étudié et semble prometteur. Pour que l'hydrogène soit libéré, il suffit de chauffer le réservoir. Si l'on s'arrête de chauffer, l'émission d'hydrogène s'arrête presque instantanément. Une fois vide, le réservoir peut être rechargé et la température de recharge est légèrement inférieure à celle de libération du gaz faute de quoi le processus d'absorption ne pourrait avoir lieu.

Le Dr Ledwell nous a dit: "C'est un peu comme lorsque l'on presse une éponge: l'eau en sort jusqu'à ce qu'il n'en reste plus. Si l'on immerge l'éponge, elle se remplit d'eau que l'on peut faire sortir en pressant à nouveau. Dans notre cas, l'équivalent de serrer l'éponge correspond au chauffage du réservoir et de l'immerger équivaut au refroidissement".

Les températures d'émission de l'hydrogène varient suivant les hydrures métalliques. Ainsi, l'hydrure de magnésium libère l'hydrogène gazeux vers 650°F environ alors que l'hydrure de titane ferreux le libère à 60°F . On continue d'étudier d'autres hydrures métalliques pour déterminer leur température d'émission.

Les réservoirs à hydrure présentent des avantages sur les autres et c'est pour cette raison que l'on essaye de les rendre économiquement réalisables afin de répandre l'utilisation de l'hydrogène comme combustible. La quantité de gaz qu'on peut stocker dans un réservoir à hydrure est beaucoup plus grande que dans les autres puisqu'une livre d'hydrogène peut être conservée dans une enceinte d'environ 50 livres, le poids de la poudre métallique incluse, au lieu de 200 livres. Autrement dit, la masse volumique du fluide stocké est égale au double de celle de l'hydrogène liquide.

Le Dr Ledwell nous a dit: "Le rendement volumétrique de la maquette est bon. En outre, si le réservoir est crevé accidentellement, l'hydrogène ne sera pas libéré à moins que l'on chauffe. Le système est donc très sûr puisqu'il faudrait chauffer pour vaporiser l'hydrogène avant d'avoir une flamme".

A ce sujet le Dr Ledwell a atteint un premier objectif c'est-à-dire qu'il a pu mettre au point un petit réservoir à hydrogène sûr et pouvant remplacer les bouteilles habituellement utilisées au Canada. Il reste toutefois des domaines à explorer et peut-être aussi des erreurs à corriger.

On a trouvé que les impuretés du métal augmentent le rapport du métal à l'hydrure et que l'oxygène ralentit l'absorption de l'hydrogène durant la recharge. S'il y a oxydation, il se produit en effet un film mince d'oxygène sur le métal et ce film joue le rôle d'une barrière arrêtant l'hydrogène. Une autre étude concerne la formation de poudres pendant le processus d'hydrogénation. Il est souhaitable, jusqu'à un certain point, que le métal soit réduit en poudre car la surface de contact entre le métal et l'hydrogène augmente, ce qui facilite la recharge, mais il reste à trouver quelle est la taille optimum des

hydrogen

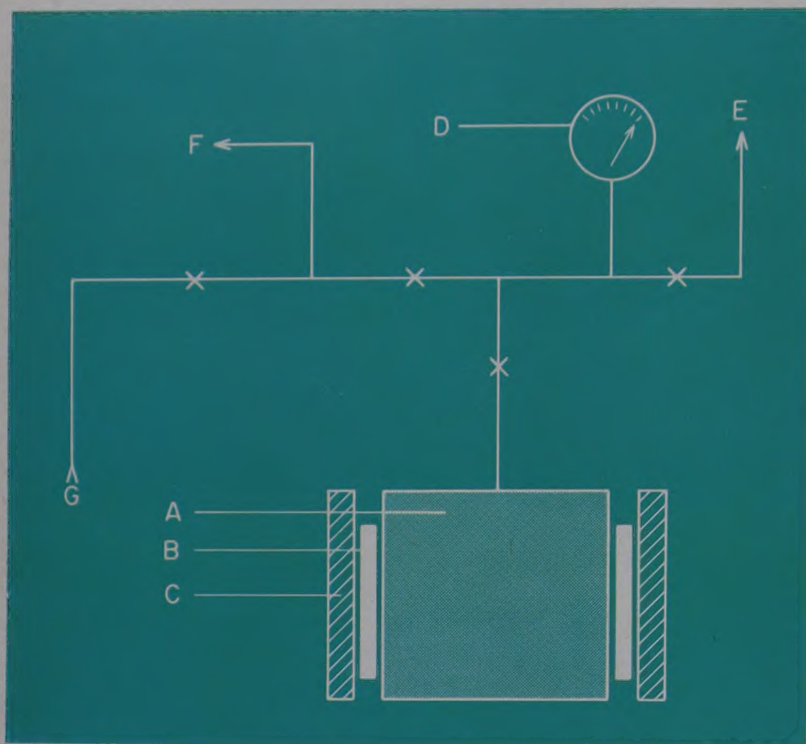


Diagram of model for hydrogen storage
Schéma du montage du réservoir

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| A - Metal Hydride | Hydruure métallique |
| B - Electrical Resistance Heater | Chauffage électrique |
| C - Insulation | Isolant |
| D - Pressure Gauge | Manomètre |
| E - To Application | Utilisation |
| F - To Vacuum Pump | Pompe à vide |
| G - Pressurized H ₂ Supply | H ₂ sous pression |
| X - Valves | Vannes |

metal in the recharging process. If oxidation occurs, it creates a thin film on the metal, which acts as a barrier to absorption of hydrogen. Another area of concern over the future perfection of the hydride storage system involves the reduction of the metal to a powder during the actual hydriding process. To an extent, this is desirable because it produces a larger area of metal through which hydrogen can be absorbed and subsequently released. However, the final stable size distribution of these particles is not known and there exists a possibility that the metal particles would continue to be reduced in size until they would become too small to be held in the system.

While continuing to investigate these areas, Dr. Ledwell has discovered that a simple chemical process is responsible for the steady and predictable release of hydrogen from the metal as the heat is applied. The heat is transmitted through the container to the metal, but when the metal hydride starts to give off the gas, the heat is "blown" away by this action. The amount of heat reaching the metal hydride is reduced by this "blowing" process and the release of the gas is decreased allowing heat to again penetrate and activate the metal hydride. This continual process then forms a chemical control system for the release of hydrogen from metal hydride storage containers.

The development of full-scale containers would assist in clearing the way for widespread use of hydrogen. In fact, the

basic technology for converting Canada to hydrogen as a source of energy is either available or close at hand.

While it has been demonstrated that internal combustion engines can easily be modified to operate on hydrogen as a fuel, the storage vessel weight can be prohibitive in certain applications despite the 75 per cent reduction gained through the metal hydride storage system. For instance, Dr. Ledwell doubts that hydrogen, in view of weight considerations, will ever become an economically justifiable alternative to gasoline for powering automobiles. One hundred (100) pounds of gasoline (about 12 gallons) provides the same energy as 40 pounds of hydrogen. But the container and the metal powder needed to store the 40 pounds of hydrogen would weigh about 2,000 pounds. Conventional bottling of that much hydrogen would result in a gross weight in excess of 8,000 pounds.

Instead, Dr. Ledwell is embarking upon another research mission which he feels better fits in with current technology governing hydrogen as a fuel in view of the storage problems. Since the automobile engine has become the subject of new restraints, including severe emission limitations and the shortage of gasoline, Dr. Ledwell proposes using a small amount of hydrogen in conjunction with gasoline to catalyze a lean gasoline-air mixture. Gasoline would therefore remain the principal source of energy for the car, but the addition of hydrogen would hopefully create high thermal efficiency, that is, more mileage per gallon of gasoline and virtually no emission problem.

However, the knowledge that moderate amounts of hydrogen can be obtained from various sources — waste hydrogen from plants producing materials by chemical processes and from coal by heating — Dr. Ledwell sees various practical uses for hydrogen as a fuel in the near future. The criterion is the weight associated with its storage. Thus, locomotives would be a suitable mode of transport to convert to hydrogen fuel. Weight does not have to be of great concern. Subways, submarines and the mining industry also could utilize it and benefit from its major advantage — the burning of hydrogen in underground locations presents no hazards from emissions. And again, weight is not an important consideration.

Insofar as home heating is concerned, Dr. Ledwell says a hydrogen-fuelled furnace would in effect require no stack pipe nor venting to the exterior of a dwelling. The flame is so clean-burning that venting is unnecessary. Presently, between 25 and 30 per cent of heat generated by oil- or gas-fired furnaces is exhausted up the chimney. In addition, the burning of hydrogen results in the generation of water vapor.

"We're not sure whether the humidity level generated by an open hydrogen flame would be suitable or excessive for a Canadian home," he says.

Storage of hydrogen by homeowners need not be a problem. Hydrogen generated at a nuclear power station, for instance, would simply be piped into urban areas. The distance covered by the pipelines would be considerable because of the traditional remote location of nuclear power facilities. The metal hydride system would be utilized for storing excess hydrogen which could then be used during peak demand periods, and the hydrogen would be introduced into the pipeline network under pressure. The pipes themselves would act as pressure containers. The consumer would receive hydrogen in the same manner in which hundreds of thousands of homes now receive natural gas. □

David Smithers

... stocker H₂?

grains qui, s'ils sont trop petits, ne formeront plus qu'une poussière difficile à maintenir dans le réservoir.

Tout en continuant ces études, le Dr Ledwell a découvert le processus à la base de la libération permanente et calculable de l'hydrogène lorsque l'on chauffe les parois du réservoir: lorsque l'hydrure commence à libérer de l'hydrogène la chaleur est, pour ainsi dire, "repoussée". La quantité de chaleur atteignant l'hydrure diminue donc par cette sorte de "soufflage" ce qui entraîne une moindre libération de gaz; de ce fait, la chaleur est moins repoussée et, en conséquence, le dégagement d'hydrogène augmente, ce qui "repousse" la chaleur de nouveau et ainsi de suite. Il existe donc une sorte de régulation du dégagement de l'hydrogène.

Si le système est perfectible et que de grands réservoirs peuvent être construits et essayés, on pourra alors envisager une utilisation étendue de l'hydrogène. En fait, la technologie de base pour que l'on utilise massivement l'hydrogène au Canada semble soit acquise, soit sur le point de l'être.

On a démontré que le moteur à combustion interne peut être facilement modifié pour fonctionner à l'hydrogène mais le poids du réservoir à hydrogène est toujours prohibitif même après l'avoir réduit de 75% en utilisant les hydrures métalliques. Le Dr Ledwell n'est donc pas sûr que l'hydrogène devienne intéressant dans l'automobile quand on le compare à l'essence car 100 livres d'essence, soit environ 12 gallons, donnent la même énergie que 40 livres d'hydrogène nécessitant un réservoir à poudre métallique de 2 000 livres environ. Remarquons qu'un réservoir constitué de bouteilles traditionnelles pèserait plus de 8 000 livres.

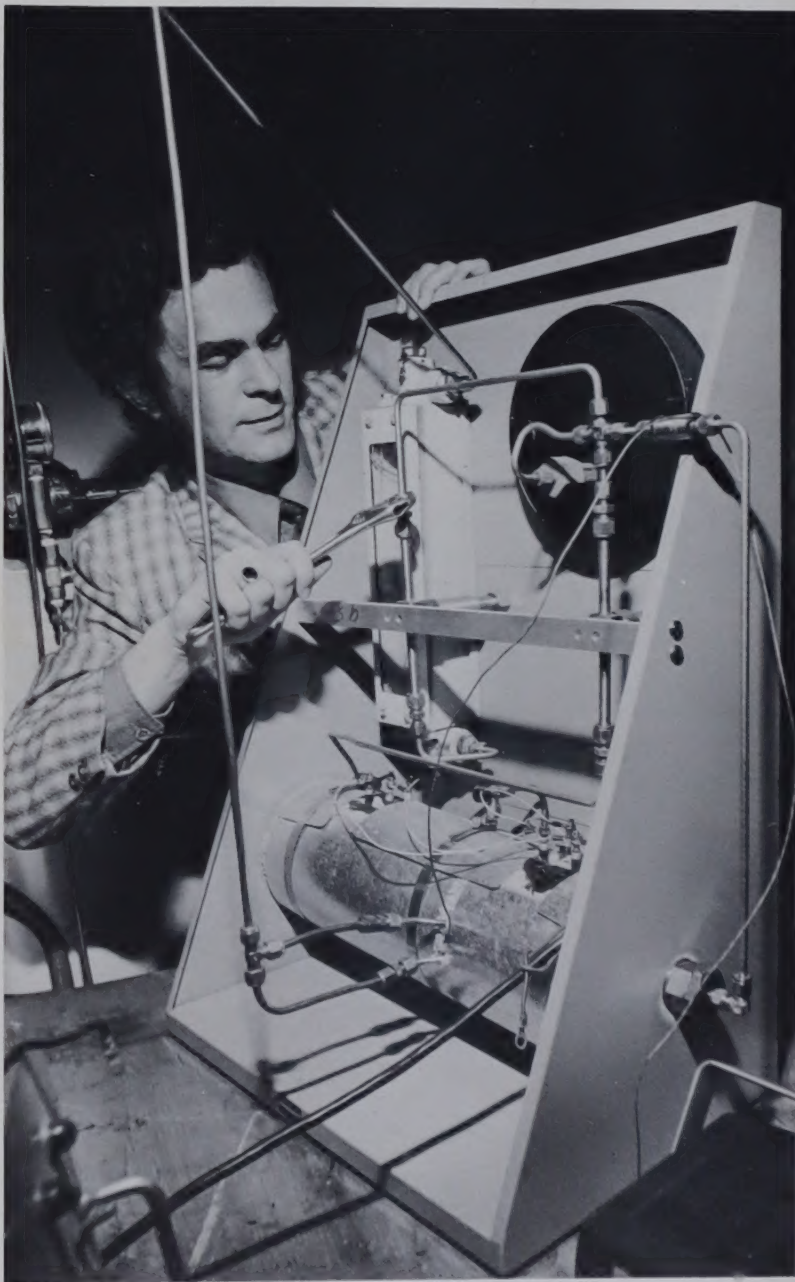
Pour contourner l'obstacle, le Dr Ledwell s'est lancé dans de nouvelles recherches qui, à son point de vue, devraient mener à une meilleure solution. Puisque les moteurs de nos voitures ont fait l'objet de nouvelles restrictions, notamment en matière de pollution et de consommation, le Dr Ledwell propose d'ajouter une petite quantité d'hydrogène enrichissant un mélange pauvre d'essence et d'air. L'essence demeurerait la source principale d'énergie mais l'hydrogène ajouté augmenterait le rendement thermique, c'est-à-dire que l'on pourrait parcourir plus de miles par gallon. En outre, le problème de la pollution serait pratiquement réglé.

Des quantités limitées d'hydrogène peuvent être obtenues de différentes sources, notamment des usines de traitement de matériaux où l'hydrogène est un sous-produit et des usines à gaz où l'on produit le gaz en distillant le charbon; le Dr Ledwell envisage donc différentes utilisations de l'hydrogène comme combustible dans un avenir proche. Le problème à résoudre est celui du poids du réservoir de stockage. En conséquence, il semble que les locomotives pourraient être converties à l'hydrogène car le poids dans les chemins de fer n'est pas un facteur important. Les métros, les sous-marins et l'industrie minière pourraient également s'en servir d'autant plus que la combustion de l'hydrogène sous terre ne présente pas de risque du point de vue de la pollution.

En ce qui concerne le chauffage des habitations, le Dr Ledwell nous a dit qu'une chaudière à hydrogène permettrait de se passer de cheminées et de tuyaux d'aération car la flamme est très propre et la combustion ne donne que de la vapeur d'eau. En outre, il y aurait économie car 25 à 30% de la chaleur produite par une chaudière ordinaire alimentée au gaz ou en dérivés du pétrole se perdent par la cheminée.

Il nous a dit: "Nous ne sommes toutefois pas sûrs que l'humidité relative qui résulterait d'un chauffage à l'hydrogène dans les maisons soit appropriée aux intérieurs canadiens."

Le stockage de l'hydrogène par les propriétaires ne semble pas poser de problèmes. L'hydrogène produite dans une centrale nucléaire, par exemple, serait tout simplement dirigé par des pipe-lines vers les zones urbaines. Ces pipe-lines seraient naturellement très longs en raison du fait que les centrales nucléaires sont construites dans des endroits isolés. Les réservoirs à hydrures métalliques pourraient être utilisés pour stocker l'hydrogène en dehors des périodes de pointes de la consommation. Les pipe-lines serviraient en outre de réservoirs partiels d'hydrogène sous pression. Le consommateur recevrait de l'hydrogène de la même manière que le gaz naturel. □



Dr. Tom Ledwell of NRC's Division of Mechanical Engineering, makes adjustment to a valve on a model devised for the storage of hydrogen.

• Le Dr Tom Ledwell, de la Division de génie mécanique du CNRC, règle une vanne du circuit d'hydrogène d'une de ses maquettes de réservoir.

Cover: A cross-section through the red-blue region of a three-dimensional color space developed at the National Research Council of Canada's Radiation Optics Section, Division of Physics and adopted later as an international standard. (Story page 4). Below: Scientists use the seven-field colorimeter to study the color discrimination faculty of the human eye. Subjects must duplicate a color difference given in two of the windows over the entire colored array by creating appropriate colors in the remaining five windows. By finding a closer approximation to the ideal uniform color space, researchers hope to improve the measurement of color differences. Color photographs by Bruce Kane, NRC. • Notre couverture: profil, dans la région du rouge-bleu, donné par un espace tridimensionnel des couleurs développé à la section de l'optique des radiations de la Division de physique du CNRC et plus tard adopté comme étalon international (article p. 5). En bas: chercheur utilisant le colorimètre à sept cibles pour étudier la discrimination des couleurs par l'oeil humain. Une différence entre deux couleurs, données dans deux des fenêtres, doit être reproduite dans les cinq autres par le sujet. Les chercheurs espèrent mieux mesurer les différences entre les couleurs en trouvant une meilleure approximation de l'espace uniforme et idéal des couleurs. (Photographies en couleur de Bruce Kane, du CNRC).

